PROBLEMAS
DEL MUNDO
CONTEMPORANEO

HISTORIA DE LA CIENCIA: INVESTIGACIONES SOVIETICAS

TOMO II

REDACCION "CIENCIAS SOCIALES CONTEMPORANEAS"
ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA URSS

INSTITUTO DE HISTORIA
DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LA TECNICA

SERIE: "PROBLEMAS DEL MUNDO
CONTEMPORANEO" (104)

HISTORIA DE LA CIENCIA: INVESTIGACIONES SOVIETICAS

TOMO II

Redacción "Ciencias Sociales Contemporáneas"
Academia de Ciencias de la URSS
Moscú, 1985

И $\frac{1403000000-20}{042(02)-85}$ 391-85(II)

Las recopilaciones de la Serie "Problemas del mundo contemporáneo" se publican bajo la redacción científica general de J.GRIGULEVICH, miembro correspondiente de la AC de la URSS.

Secretario responsable de la Serie: M.GONCHARUK.

Consejo de redacción de la recopilación: S.MIKULINSKI, miembro correspondiente de la AC de la URSS (redactor responsable); Yu.VORONKOV, candidato a doctor en Ciencias Técnicas; A.VOLODARSKI, candidato a doctor en Ciencias Físico-Matemáticas.

Redactor: V.TSIGANKOV.

La recopilación se publica en español e inglés.

Responsable del texto en español: N.GOLDGUBER.

Dirección de la Redacción: Arbat 33/12, Moscú, 121002, URSS

S U M A R I O

INTRODUCCION

La presente recopilación ha sido preparada por el Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica de la Academia de Ciencias de la URSS con vistas al XVII Congreso Internacional de Historia de la Ciencia. Es una peculiar continuación de las recopilaciones *Investigaciones soviéticas sobre historia de la ciencia* (1977) y *La ciencia y la técnica: el humanismo y el progreso* (en dos tomos, 1981), editadas por la Redacción "Ciencias Sociales Contemporáneas". La recopilación se publica en dos tomos y contiene trabajos sobre historia de la ciencia, así como artículos de los connotados estudiosos soviéticos especialistas en filosofía, física, mecánica y geología.

El segundo tomo de la recopilación está consagrado al estudio de los variados problemas de la historia de la ciencia, la historia de la técnica y de la investigación integral del desarrollo de la ciencia.

Como se sabe, el desarrollo de cualquier esfera del saber depende del potencial creador, del dominio de la metodología científica y de la preparación profesional de las personas que la crean. Ello se refiere también a los destinos de la historia de la ciencia como ámbito particular de investigación. ¿Cómo deben ser los creadores de la historia de la ciencia? ¿Qué cualidades han de poseer para asegurar el progreso en esta esfera? En la búsqueda de la respuesta a estos interrogantes un papel importante puede desempeñar el recurrir a la personalidad y a la actividad de aquellos cuyos trabajos elevaron sustancialmente el nivel del conocimiento histórico-científico enriqueciéndolo con importantes resultados. Las particularidades de su obra son aleccionadoras tanto en lo referente a indagar la especificidad del trabajo del historiador de la cien-

cia, como en lo relativo a la formación de cuadros para esta disciplina. A la luz de ello, es de sumo interés el estudio realizado por S.Mikúlinski y M.Yaroshevski sobre la obra del historiador de la ciencia soviética T.Rainov. En el dominio de la historia de la ciencia la obra de T.Rainov se distingue no solo por la gran escala de sus investigaciones, cuyo objeto eran distintos períodos de la historia de la ciencia y la técnica rusa y universal sino también por la riqueza de sus enfoques innovadores de la dinámica del conocimiento científico.

El enfoque de la investigación científica como un proceso que se desarrolla históricamente crea la necesidad de analizar cómo surgen, en el curso de la evolución de la ciencia, cada vez nuevas ligazones y relaciones entre los componentes del saber teórico. En el artículo de V.Stiopin se reflejan las características fundamentales del proceso de formación y evolución de los conocimientos teóricos en la historia de las ciencias naturales.

Hasta hace poco, el desarrollo de las ciencias naturales en lo fundamental ha sido ilustrado por los investigadores bajo la óptica de la historia de las ideas y de las concepciones teóricas. Siguen escaseando aún los trabajos dedicados a la historia de la creación y el desarrollo de los métodos experimentales concretos y en conjunto. Entretanto, ya en las etapas iniciales de su devenir, la teoría marxista del desarrollo de la ciencia supuso la posibilidad de enfocar la historia de la ciencia a la luz de la evolución de los medios y los métodos de estudio, en particular, de los aparatos e instrumentos científicos. En su artículo, S.Kará-Murzá propone ampliar aún más el objeto de estudio histórico-científico y elige como materia de estudio el método de investigación.

En la actualidad, los trabajos sobre historia de las ciencias naturales han alcanzado un nivel en que la precisión y el rigor del aparato conceptual y, respectivamente, terminológico utilizado en los mismos adquiere primordial importancia. Ello se refiere también a una de las categorías fundamentales de la ciencia: al concepto de descubrimiento. En el artículo de A.Viáltsev se emprende un intento de conceptuar teóricamente este importante concepto.

A la mecánica y a su aplicación práctica está dedicado el trabajo del académico A.Ishlinski, eminente especialista soviético en la materia. La mecánica ocupa uno de los lugares centrales entre las ciencias que aseguran directamente la aceleración del progreso científico-técnico. Los adelantos en la técnica espacial, la aviación, la hidrotecnia, la construcción de maquinaria y de aparatos, la industria de construcción y las construcciones navales están respaldados por la profunda comprensión de las leyes de la mecánica.

En el artículo de V.Vizguín se analiza el papel de la mecánica analítica en el desarrollo de las matemáticas del siglo XIX. La mecánica analítica posee una determinada dualidad: de una parte, es una teoría de los sistemas pertenecientes a la mecánica clásica; de la otra, es una ciencia netamente matemática. Tal dualidad de la mecánica analítica hace que sea el medio natural que posibilita el proceso de conversión de "lo mecánico" en "lo matemático".

Dos trabajos presentados en este tomo tratan de los problemas metodológicos del conocimiento histórico-técnico. Así, en el artículo de Yu.Voronkov se destaca que los principios marxistas-leninistas son liminares para el estudio científico de la historia de la técnica aeronáutica. Solo partiendo de ellos se puede hablar de una metodología analítica del desarrollo de la técnica. V.Chéshev señala en su trabajo que el examen del conocimiento técnico, de su evolución y de sus nexos con las ciencias naturales, sociales y humanísticas ampliará los límites de intelección de la ciencia. La historia de las ciencias técnicas es parte orgánica de la historia de toda la ciencia. El estudio histórico del devenir y del desarrollo de las ciencias técnicas en la estructura del saber científico global reclama construir una concepción del conocimiento técnico. Tal trabajo puede ser realizado basándose en las investigaciones de la metodología de la ciencia en unión con la historia de la ciencia.

El trabajo de Yu.Zinévich versa sobre el estudio del factor de actividad en el proceso histórico-científico. En las dos últimas décadas, la atención hacia las regularidades de la actividad científica, como uno de los tipos más importantes de actividad en general, se acentúa continuamente, conduciendo a reestructurar

o, incluso, a formar de nuevo no solo algunas esferas de investigación, sino también disciplinas científicas enteras: la sociología del saber, la ergonomía, el estudio de la ciencia y la psicología de la creación científica.

Al mismo tiempo, también influye en sentido contrario: en el análisis de la actividad en su conjunto, al igual que en el estudio de la especificidad de sus distintas formas y de la relación entre ellas, cada vez más incide el incremento -propio del período de la revolución científico-técnica- del interés teórico y práctico por el funcionamiento de la ciencia en tanto que fuerza productiva directa de la sociedad, por la problemática del trabajo científico y de la creación científica. En el empalme de esta problemática y del análisis sociológico, psicológico y filosófico de las normas de actividad, análisis que se desarrolla inicialmente al margen de la relación directa con dicha problemática, se ha ido cristalizando un ámbito particular de investigaciones asentado en la aplicación consecuente de los resultados de la filosofía y de las ramas afines del saber, derivados del estudio de la actividad, con vistas a satisfacer la necesidad perentoria de acelerar el progreso científico-técnico.

En el artículo de A.Shamin se destaca que la estructura de las ciencias biológicas es la que ha sufrido los mayores cambios en las ciencias naturales. Hoy día, éstas difieren cardinalmente de la biología del siglo XIX e incluso de la de la primera mitad de nuestra centuria. El mecanismo de dichos cambios ofrece considerable interés y es objeto de estudio. Los cambios operados en la biología revisten carácter revolucionario: la biología clásica, descriptiva y explicativa por su carácter, ha sido relevada por una ciencia con una bien acusada tendencia a formar nuevos fundamentos teóricos. Importante papel desempeña una nueva vertiente integral, que ha recibido el nombre de biología físico-química, que ha aunado la bioquímica, la biofísica, la química bioorgánica, la biología molecular y la genética, una serie de vertientes de la inmunobiología, la virología, la microbiología y la citología. La unión orgánica de todos estos sumandos es lo que ha dado origen a una esfera cualitativamente nueva de la ciencia sobre el reino animado.

En el artículo de V.Babkov "Problema central de la genética de las poblaciones" se resalta que el devenir de esta rama del saber en la URSS ha sido extraordinariamente impetuoso. En tan solo una década se ha recorrido el camino que va desde el inicio de los estudios sistemáticos sobre genética hasta el avance de la genética soviética de las poblaciones al proscenio de la ciencia mundial. Unicamente es posible comprender tal desarrollo de los acontecimientos analizando las tradiciones científico-naturales en las que ha crecido la escuela soviética de la genética evolutiva.

Para los historiadores soviéticos de la ciencia es tradicional el estudio del desarrollo de la ciencia en los países de Oriente. Un análisis de los trabajos dedicados a la ciencia de la Antigüedad y de la Edad Media en China, India, los países del Cercano y Medio Oriente, del Asia Central y Transcaucasia se ofrece en el resumen de A.Volodarski.

La recopilación culmina con la bibliografía de los trabajos fundamentales sobre historia de la ciencia y la técnica, publicados en la URSS en 1981-1984.

S.Mikúlinski,
miembro correspondiente
de la AC de la URSS

Yu.Voronkov,
candidato a doctor
en Ciencias Técnicas

A.Volodarski,
candidato a doctor
en Ciencias Físico-Matemáticas

CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE FORMACION DEL SABER CIENTIFICO

Viacheslav Stiopin,
doctor en Ciencias
Filosóficas

Al enfocar la investigación científica como proceso histórico en desarrollo, cabe examinar de qué modo, en el curso de la evolución de la ciencia, aparecen nuevos nexos y relaciones entre los componentes del saber teórico, nexos que cambian la estrategia de la búsqueda teórica. Estimamos conveniente destacar las siguientes situaciones fundamentales que caracterizan el proceso de desarrollo de los conocimientos científicos.

La primera situación puede ser descrita como el devenir de los cuadros especiales de la realidad que se estudia, cuando todavía no existen esquemas teóricos ni leyes que se relacionen con el dominio de objetos en estudio. Esta situación es típica, ante todo, de la etapa del surgimiento de disciplinas científicas nuevas, que en un principio pasan por la fase de acumulación del material empírico sobre los objetos en estudio. En estas condiciones, la investigación empírica es orientada hacia un fin por los ideales de la ciencia y por el cuadro en formación de la realidad. El último forma el estrato específico de representaciones teóricas que asegura el planteamiento de los problemas de la investigación empírica, el modo de ver las situaciones, las observaciones, el experimento, y la interpretación de sus resultados.

En las primeras etapas de la investigación científica, los cuadros de la realidad en estudio (los cuadros especiales del mundo) no se han separado todavía como fragmentos específicos del cuadro científico general del mundo. El devenir de aquéllos va incluido en la formación de este último cuadro y está relacionado con el proceso de afianzamiento de los ideales y normas de la investigación científica. Al comienzo,

el cuadro de la realidad en estudio aparece como síntesis filosófica de los hechos acumulados por la práctica y el conocimiento, sobre cierto dominio de objetos. En esta síntesis desempeñan papel activo las orientaciones axiológicas y conceptuales, así como los ideales del conocimiento (explicados en la reflexión filosófica como principios de la actividad científica) que han cristalizado -o bien están cristalizando- en la cultura.

En un principio, las formas embrionarias de los cuadros de la realidad en estudio surgen a modo de construcciones, propias de la filosofía de la naturaleza, que luego se adaptan al experimento. Sin embargo, incluso en esa forma el cuadro de la realidad puede servir de programa de investigación, asegurando el progreso de la investigación empírica y la acumulación de los hechos sobre los procesos en estudio.

Los hechos obtenidos durante la observación ejercen activa influencia inversa sobre el cuadro de la realidad, a raíz de lo cual éste puede cambiar y puntualizarse a medida que va acumulándose el material empírico. Tan solo tras haber pasado por una larga etapa de desarrollo, este cuadro del mundo se despoja de las superposiciones, propias de la filosofía de la naturaleza, y se convierte en el cuadro científico especial del mundo, siendo que los elementos constructivos de dicho cuadro -a diferencia de los esquemas propios de la filosofía de la naturaleza- se introducen conforme a los síntomas que tienen fundamentación experimental.

La física ha sido la primera que realizó esa evolución en la historia de la ciencia. A fines del siglo XVI y comienzos del XVII restructuró el esquema del mundo que había dominado en la física medieval y era propio de la filosofía de la naturaleza, creando el primer cuadro científico de la realidad: el cuadro mecánico del mundo. En su formación desempeñaron papel determinante las nuevas ideas conceptuales y los ideales nuevos de la actividad cognoscitiva cristalizados en la cultura del Renacimiento. Concebidos por la filosofía, aparecieron en forma de principios que aseguraron una nueva visión de los hechos acumulados por el conocimiento y la práctica precedentes sobre los procesos que se investigan en la física, permitiendo

crear un sistema nuevo de representaciones sobre dichos procesos. En la construcción del cuadro mecánico del mundo desempeñaron relevante papel: el principio de la unidad material del mundo, principio que descartaba la división escolástica en mundo terrenal y celestial; el principio de la causalidad y del carácter, sujeto a leyes, de los procesos naturales; los principios de la fundamentación experimental del saber y la orientación a unir la investigación experimental de la naturaleza con la descripción de sus leyes en el lenguaje de la matemática.

Una vez asegurada la construcción del cuadro mecánico del mundo, esos principios pasaron a ser la base filosófica de dicho cuadro.

Ya creado el cuadro mecánico del mundo, el proceso de formación de los cuadros especiales del mundo transcurre en nuevas condiciones. Los cuadros de la realidad que surgen en distintas ramas de las ciencias naturales están influenciados por el cuadro físico del mundo -líder de las ciencias naturales-, ejerciendo a su vez sobre la física activa influencia inversa. Cada cuadro nuevo del mundo en la propia física no se construye promoviendo esquemas empleados por la filosofía de la naturaleza, con su subsiguiente larga adaptación al experimento, sino transformando los cuadros físicos, ya constituidos, del mundo, cuyos elementos constructivos se usan activamente en la síntesis teórica posterior. Ejemplo de ello puede servir la transferencia de las representaciones sobre el tiempo y el espacio absolutos del cuadro mecánico del mundo al electrodinámico de fines del siglo XIX.

La situación en que el cuadro de la realidad en estudio y el material empírico entran en interacción -situación típica para las primeras fases de formación de una disciplina científica- se reproduce también en las etapas más tardías del conocimiento científico. Incluso cuando la ciencia ha formalizado un estrato desarrollado de teorías concretas, el experimento y la observación pueden descubrir los objetos no susceptibles de explicación alguna en el marco de las representaciones teóricas existentes. Entonces, los objetos nuevos se estudian con medios empíricos, y el cuadro de la realidad en estudio comienza a regular el proceso de dicha investigación, siendo influencia-

do inversamente por los resultados de la misma. Los ejemplos descritos anteriormente, en que se trataba del estudio de los rayos catódicos y los rayos X, pueden ser una fehaciente ilustración de dicho proceso.

La segunda situación del desarrollo de los conocimientos teóricos está relacionada con la formación de los esquemas teóricos particulares y las leyes teóricas particulares. En esta etapa, la explicación y la predicción de los hechos empíricos ya no se verifica de un modo inmediato, sobre la base del cuadro de la realidad que se investiga, sino utilizándose los esquemas teóricos que se crean y las expresiones, relacionadas con ellos, para formular las leyes teóricas que sirvan de eslabón mediatizador entre el experimento y la realidad que se investiga.

En una ciencia desarrollada, los esquemas teóricos se crean, al principio, como modelos hipotéticos y, luego, se argumentan con la experiencia. Se construyen valiéndose de los objetos abstractos, formados anteriormente en la esfera del saber teórico y utilizados en calidad de material constructivo al crear modelos nuevos.

Los elementos constructivos de los modelos teóricos se crean mediante la esquematización directa del experimento tan solo en las primeras fases de la investigación científica, cuando tiene lugar la transición del estudio preferentemente empírico de los objetos a su asimilación teórica. Pero luego esos elementos se utilizan en su función de medios para construir modelos teóricos nuevos, y dicho método comienza a predominar en la ciencia. El método anterior, en cambio, se mantiene tan solo en forma rudimentaria, resultando mucho más reducida la esfera de su acción. Se utiliza, en lo fundamental, cuando la ciencia tiene que tratar con los objetos para cuya asimilación teórica todavía no se han elaborado medios suficientes. En este caso, los objetos comienzan a estudiarse por vía experimental y, sobre esta base, van formándose gradualmente las idealizaciones necesarias, como medios para estructurar los primeros modelos teóricos en un dominio nuevo de investigación. Ejemplo de situaciones de esta índole pueden servir las primeras fases del devenir de la teoría de la electricidad, cuando la física fue formulando los conceptos de par-

tida -"conductor", "aislador", "carga eléctrica", etc.-, creando con ello las condiciones para construir los primeros esquemas teóricos que explicasen los fenómenos eléctricos.

La mayoría de los esquemas teóricos de la ciencia no se construyen mediante la esquematización directa del experimento, sino con el método de la traslación de los objetos abstractos ya creados, que habían sido tomados de los dominios del saber, anteriormente constituidos, y vinculados con una nueva "red de relaciones". De esta manera se crean los modelos hipotéticos de la realidad en estudio, que después se fundamentan con el experimento.

Al respecto, cabe interrogar cuáles premisas orientan al investigador cuando elige y sintetiza los componentes principales de la hipótesis que se crea. Aunque esta elección es un acto creador, tiene ciertos fundamentos y éstos los da el cuadro especial del mundo, aceptado por el investigador. Las representaciones, introducidas en dicho cuadro, sobre la estructura de las interacciones naturales, permiten revelar los rasgos comunes en diferentes dominios estudiados por la ciencia. De este modo, el cuadro de la realidad investigada "sugiere" de dónde se pueden tomar prestados los objetos abstractos y la estructura, cuya unión permite construir un modelo hipotético de un dominio nuevo de interacciones.

En el ejemplo de la formación de los modelos planetarios del átomo, podemos advertir, al promover las hipótesis, la función orientadora, adecuada a fines, del cuadro de la realidad.

El caso a que nos referimos es particularmente interesante porque las hipótesis acerca de la estructura del átomo, que presuponían la existencia del núcleo atómico, fueron adelantadas mucho antes que los experimentos de Rutherford con las partículas alfa (modelo de Nagaoka, 1905). En esas hipótesis se reveló con particular nitidez la lógica de la formación de las variantes hipotéticas del modelo teórico, que se crea "desde arriba" respecto del experimento. Podemos esbozar del siguiente modo esta lógica, aplicada a la situación con los modelos de la estructura del átomo.

Los cambios en el cuadro físico del mundo, producidos gracias al descubrimiento de los electrones,

fueron el primer impulso para proponer modelos hipotéticos de la estructura del átomo. En el cuadro electrodinámico del mundo fue introducido, a la par con el éter y los átomos de la materia, un elemento nuevo: el "átomo de la electricidad". A su vez esto planteó la cuestión de su correlación con los "átomos de la materia". El análisis filosófico de la situación permitió promover la hipótesis sobre la reducción de los átomos de la materia a los "átomos de la electricidad". Dicha hipótesis, corroborada por nuevos descubrimientos experimentales y teóricos (descubrimiento de la radiactividad), poco a poco fue convirtiéndose en un principio, de acuerdo al cual el éter y los "átomos de la electricidad" son las formas fundamentales de la materia, cuya interacción permite explicar cualesquiera objetos y procesos de la naturaleza. Como resultado, se planteó el problema: construir el átomo de la "materia" partiendo de los "átomos de la electricidad", con carga positiva y negativa, cuya interacción se verifica a través del éter. Tal planteamiento sugirió la elección de las abstracciones de partida para construir los modelos hipotéticos del átomo: debían ser objetos abstractos de la electrodinámica. En cuanto a la elección de la estructura en que se envolvieron esos objetos abstractos, fue también, en cierta medida, fundamentada por el cuadro del mundo. En ese período (fines del siglo XIX y comienzos del XX), el éter era considerado como la base única de las fuerzas de gravitación y de las electromagnéticas, lo cual hacía natural la analogía entre la acción recíproca de las masas en gravitación y la interacción de las cargas.

Los objetos abstractos de la electrodinámica se vinculaban con la nueva estructura, copiada de la mecánica celeste, poniendo las cargas en lugar de las masas en gravitación en el modelo de la rotación de los satélites en torno al cuerpo central.

Así pues, en el proceso de promoción de modelos hipotéticos, el cuadro de la realidad desempeña el papel de un programa de investigación, que asegura el planteamiento de los problemas teóricos y la elección de los medios para solucionarlos.

Tras la formación del modelo hipotético de las interacciones en estudio, comienza la fase de su argu-

mentación, que no se reduce a comprobar las consecuencias empíricas que pueden obtenerse de la ley formulada con respecto al modelo hipotético. El propio modelo debe ser fundamentado en el experimento.

En el proceso de formación del modelo hipotético, los objetos abstractos están envueltos en relaciones nuevas, lo que redunda en que se les atribuye rasgos nuevos. Por ejemplo, al construir el modelo planetario del átomo, se definió la carga positiva como núcleo atómico, y a los electrones se les atribuyó síntomas de un movimiento estable de rotación en órbitas alrededor del núcleo. Puesto que el modelo hipotético se propone como expresión de las características esenciales de una nueva esfera de interacciones, es necesario el control operacional de los síntomas nuevos inherentes a los objetos abstractos. Procede demostrar que: 1) a los síntomas nuevos les pueden corresponder algunas relaciones de los objetos de las situaciones experimentales precisamente de aquel dominio que debe ser reflejado en la teoría que se crea; 2) esos síntomas son compatibles con otras características determinantes de los objetos abstractos, las cuales han sido fundamentadas por el desarrollo precedente del conocimiento y la práctica. La demostración se verifica introduciendo los objetos abstractos a título de idealizaciones que se apoyan en la experiencia nueva. Los síntomas de los objetos abstractos, introducidos "desde arriba" respecto de los experimentos de la nueva esfera de interacciones, ahora se restablecen "desde abajo". Dichos síntomas son obtenidos en el marco de los experimentos mentales, correspondientes a las peculiaridades típicas de las situaciones experimentales reales que el modelo teórico está llamado a explicar.

Después se comprueba si las nuevas propiedades de los objetos abstractos se hallan en concordancia o no con las corroboradas por el experimento precedente. En este proceso se crean "automáticamente" las definiciones operacionales de las principales magnitudes físicas que figuran en la formulación de la ley teórica relacionada con el modelo.

Ese conjunto de operaciones asegura la fundamentación de los síntomas inherentes a los objetos abstractos del modelo hipotético, v su transformación en el

esquema teórico de un nuevo terreno de interacciones. Denominemos estas operaciones introducción constructiva de los objetos en la teoría. Se denominará constructivamente fundamentado el esquema teórico que satisface los procedimientos descritos.

Veremos hasta qué punto son importantes los procedimientos de la fundamentación constructiva en el ejemplo del modelo planetario del átomo. Después de los experimentos de Rutherford con las partículas alfa, el elemento constructivo hipotético -"el núcleo atómico"- fue introducido en calidad de idealización apoyada en experimentos reales. En lo que respecta al síntoma hipotético de los electrones -"moverse de manera estable por órbitas en torno al núcleo"-, no tenía correlación con ninguno de los experimentos en la física atómica, pero, al mismo tiempo contradecía otro síntoma fundamental del electrón, a saber, "emitir radiación durante el movimiento acelerado". Un rasgo no constructivo introducido en el proceso de formación de la hipótesis, derivó en paradojas en el sistema del saber teórico sobre el átomo (la paradoja del átomo no estable). Es significativo que el afán de localizar, y, luego, eliminar el elemento no constructivo -"la órbita electrónica"-, conservando todos los demás síntomas de los objetos del modelo de Rutherford, fue uno de los impulsos que orientó con adecuación la restructuración de dicho modelo en el modelo cuántico-mecánico del átomo.

De modo que el descubrimiento de elementos no constructivos no solo pone de manifiesto la inadecuación con que se presenta la estructura del objeto reflejado en el modelo hipotético, sino además, indica las vías concretas para restructurarlo. Mientras en la física clásica los procedimientos de la fundamentación constructiva se realizaban de un modo intuitivo, la transición a la física contemporánea iba secundada por la revelación, en el marco de la reflexión metodológica, de una serie de sus aspectos sustanciales. A nuestro modo de ver, lo último se vio reflejado -aunque no del todo adecuado- en los factores racionales del principio de la observabilidad. Opinamos que el contenido heurístico del principio en cuestión puede ser interpretado como requisito de que los objetos abstractos sean introducidos en los modelos teóricos.

La fundamentación constructiva de la hipótesis deriva en una restructuración gradual de las variantes iniciales del esquema teórico, hasta que sea adaptado al respectivo material empírico. El esquema teórico, restructurado y fundamentado por la experiencia, vuelve luego a confrontarse con el cuadro de la realidad, lo que permite puntualizar y desarrollar el último (por ejemplo, después de que Rutherford argumentó las representaciones sobre la estructura nuclear del átomo, éstas pasaron a formar parte del cuadro físico del mundo, dando pie a un conjunto nuevo de problemas de investigación: estructura del núcleo,particularidades de la "materia del núcleo", etc.).

Así pues, el saber teórico nuevo se genera como resultado de un ciclo cognoscitivo que consiste en el movimiento de la investigación a partir del cuadro de la realidad en estudio y de los ideales de la cognición hacia los modelos hipotéticos, que se adaptan al material empírico, pretendiendo explicarlo, y luego vuelven a confrontarse con el cuadro de la realidad. El desarrollo de los conceptos y representaciones científicos se verifica gracias a la repetición múltiple del ciclo descrito.

En la etapa de formación y desarrollo de los esquemas teóricos particulares el cuadro de la realidad en estudio se halla en interacción con el experimento, tanto directa como indirectamente, mediatizado por los esquemas teóricos. El desarrollo del experimento y la adaptación a la experiencia nueva de los esquemas teóricos que se crean, pueden arrastrar implícitamente a la órbita de las investigaciones un tipo nuevo de interacciones, cuyas estructuras no están presentadas en el cuadro de la realidad. En este caso surge discordancia entre ciertos esquemas teóricos y algunos experimentos, por un lado, y el cuadro de la realidad, por otro. Ello puede llevar a cambios cardinales del anterior cuadro especial del mundo y al devenir de nuevas representaciones sobre la realidad que investiga la ciencia. El estudioso toma conciencia de la necesidad de cambios de esa índole, en forma de situaciones de problemas. Sin embargo, la solución de los últimos y la restructuración del cuadro ya cristalizado de la realidad no es un proceso simple. Presupone la explicación y un análi-

sis crítico del cuadro anterior de la realidad en estudio, así como el análisis de los ideales de la actividad cognoscitiva, teniendo en cuenta el material empírico y teórico acumulado por la ciencia. Ese análisis puede dar por resultado un cuadro nuevo -primeramente hipotético- de la realidad en estudio, que luego se adapta a la experiencia y a los conocimientos teóricos. La fundamentación de dicho cuadro estipula la asimilación del material empírico y teórico acumulado y, además, la predicción de hechos nuevos y la generación de nuevos esquemas teóricos. Agreguemos que el nuevo cuadro de la realidad debe ser inscrito en la cultura de la respectiva época histórica y adaptado a los valores y normas existentes de la actividad cognoscitiva.

Teniendo en cuenta que el proceso de tal fundamentación puede ser bastante largo, el nuevo cuadro de la realidad no rebasa en seguida la fase hipotética ni es admitido en seguida por la mayoría de investigadores. Muchos pueden atenerse al viejo cuadro de la realidad, fundamentado empírica, teórica y filosóficamente en las fases precedentes del desarrollo científico. Esos investigadores perciben la falta de concordancia entre el viejo cuadro de la realidad y los modelos teóricos nuevos y los resultados del experimento como una anomalía temporal, que puede ser eliminada en el futuro corrigiéndose los esquemas teóricos y elaborando modelos nuevos que expliquen la experiencia. Así es como surge la lucha competitiva entre distintos cuadros de la realidad en estudio, cada uno de los cuales introduce una visión disímil de los objetos e interacciones estudiados por la ciencia. Da testimonio de ello el período de desarrollo de la electrodinámica clásica, cuando en ella rivalizaban el programa de investigación de Ampère-Weber y el de Faraday. El primero se basaba en el cuadro mecánico del mundo, ligeramente modificado en su aplicación a los descubrimientos de la teoría de la electricidad (según ese cuadro, la interacción de los cuerpos y las cargas se verifica mediante su transferencia instantánea en el vacío), mientras que el segundo introducía un cuadro nuevo de la realidad física (la idea sobre los campos de fuerzas con los cuales se hallan en interacción las cargas y los

cuerpos, cuando la transferencia de las fuerzas se realiza con velocidad final de un punto a otro). El cuadro de Faraday de la realidad física recorrió un largo período de puntualización y desarrollo afirmándose tan solo hacia fines del siglo XIX como cuadro electrodinámico del mundo. El proceso de su transformación en sistema dominante de ideas sobre la realidad física, estuvo condicionado tanto por los descubrimientos experimentales y teóricos, generados por dicho cuadro, como por el desarrollo de su fundamentación filosófica, mediante la cual el nuevo cuadro físico del mundo se inscribió en la cultura del siglo XIX.

El desarrollo de los conocimientos teóricos a nivel de esquemas y leyes teóricos particulares prepara la transición hacia la construcción de una teoría desarrollada. Destacamos como la tercera situación el devenir de esta forma de conocimientos teóricos, que define el proceso de la búsqueda teórica. En las ciencias naturales clásicas, las teorías desarrolladas se crean sintetizando en forma consecutiva los esquemas y leyes teóricos particulares que describen diferentes aspectos de la esfera que se estudia, cuyas regularidades de fondo deben ser reflejadas en la teoría que se crea. Lo testimonia la historia del saber teórico desarrollado, ilustrado por las teorías fundamentales de la física clásica: mecánica, termodinámica y electrodinámica. En ellas figuran la síntesis consecutiva del material teórico acumulado mediante la construcción de una serie de modelos hipotéticos intermedios, cada uno de los cuales habría de asimilar un conjunto cada vez más amplio de esquemas teóricos particulares, creados anteriormente. El investigador primero tomaba cada modelo sintetizador por hipótesis y, luego, lo fundamentaba desde el punto de vista constructivo.

El avance consecutivo hacia un modelo teórico cada vez más sintetizador iba acompañado por la introducción de las correspondientes expresiones matemáticas para las leyes de las interacciones estudiadas. Cada paso nuevo dado en el desarrollo del aparato matemático de la teoría, se corrobora en la física clásica, con la explicación de los modelos intermedios que interpretan las ecuaciones. Esos modelos se fundamentaban con el experiemento y, luego, se reflejaban en el

cuadro físico del mundo, puntualizándolo y desarrollándolo. En la última etapa de la síntesis, el investigador que crea la teoría obtenía las expresiones para sus leyes fundamentales y, al mismo tiempo, confeccionaba el esquema teórico fundamental, argumentado por el experimento y reflejado en el cuadro de la realidad física. Tomemos por ejemplo típico el proceso del devenir de la electrodinámica maxwelliana.

Con el desarrollo de la ciencia cambia la estrategia de la búsqueda teórica. Al construir modelos desarrollados del saber teórico contemporáneo se utiliza el método axiomático en sus variantes novísimas (de la axiomática formal y formalizada). La matemática fue la que dio los primeros pasos en la elaboración y utilización de este método; más tarde, en la física comenzaron a afianzarse modelos análogos de la construcción axiomática formalizada de la teoría. Estimamos que un modelo análogo de este tipo (teniendo en cuenta las peculiaridades de la física como ciencia empírica) es la construcción de una desarrollada teoría física de los métodos de la hipótesis matemática. Esta vía para construir una teoría puede ser definida como situación específica, la cuarta, del desarrollo de los conocimientos teóricos. A diferencia de los modelos clásicos, en la física contemporánea se aborda la construcción de la teoría partiendo de la formación de su aparato matemático; el esquema teórico adecuado que asegura su interpretación, se crea después de construir dicho aparato. El método nuevo plantea problemas específicos, relacionados con el proceso de formación de hipótesis matemáticas y de procedimientos para fundamentarlas.

El primer aspecto de esos problemas está ligado con la búsqueda de fundamentos de partida para promover una hipótesis. En la física clásica, el papel primordial en el proceso de promoción de la hipótesis lo desempeñaba el cuadro físico del mundo. A medida que iban formándose las teorías desarrolladas, obtuvo fundamentación experimental no solo a través de la interacción directa con el experimento, sino también a través de la acumulación de los hechos experimentales en la teoría. Y cuando los cuadros físicos del mundo se presentaron en forma de construcciones desarrolladas y fundamentadas por el experimento

predeterminaron la visión de la realidad en estudio que se introducía de un modo correlativo respecto de un tipo determinado de actividad experimental y de medición. Esta actividad siempre se ha basado sobre ciertos supuestos, en los que se veían implícitamente expresadas tanto las peculiaridades del objeto en estudio como las del desarrollo de la práctica sociohistórica mediante la cual se asimila el objeto (en cuya práctica están incluidos como uno de los aspectos, los procedimientos experimentales y de medición de la ciencia). Tales supuestos son las representaciones sobre qué cabe tener en cuenta en las mediciones y qué interacciones de los objetos que se miden con los aparatos de medición pueden omitirse. Los supuestos mencionados son la base del esquema abstracto de medición que corresponde a los ideales de la investigación científica, admitidos en cierta etapa del desarrollo histórico de la ciencia, siendo que las formas desarrolladas del cuadro físico del mundo se introducen en correlación con dicho esquema.

Por ejemplo, cuando Newton enfocaba la naturaleza como un sistema de cuerpos (corpúsculos materiales) en el espacio absoluto, en que los efectos de acción, momentáneamente propagados de un cuerpo a otro, cambian el estado de movimiento de cada cuerpo en el tiempo, y en que cada estado es determinado estrictamente (en sentido laplaciano) por el estado precedente, en ese cuadro de la naturaleza estaba implícito el siguiente esquema abstracto de medición. En primer lugar, se suponía que en las mediciones cualquier objeto puede ser separado como cuerpo, idéntico a sí mismo, cuyas coordenadas e impulsos se pueden definir de un modo riguroso en cualqueir momento dado (la idea del movimiento de los cuerpos determinado en el sentido laplaciano). Segundo, se postulaba que el espacio y el tiempo no dependen del estado del movimiento de los cuerpos materiales (la idea del espacio y el tiempo absolutos). Esta concepción se basaba en una suposición idealizadora de que durante las mediciones para definir las características espaciales-temporales de los cuerpos, las propiedades de los aparatos para medir el tiempo (relojes) y el espacio (reglas, ejes rígidos) en el laboratorio físico, no cambian debido a la presencia de los propios cuerpos (masas) ni tam-

poco dependen del movimiento relativo del laboratorio (o sea del sistema de referencia).

En el cuadro newtoniano del mundo se admitía como naturaleza "por sí sola" únicamente la realidad que correspondía al esquema de medición descrito (correspondiéndole los sistemas dinámicos simples).

Es significativo que en la física contemporánea se usan esquemas de medición más complejos. Por ejemplo, en la mecánica cuántica se omite el primer requisito del esquema newtoniano, y en la teoría de la relatividad, el segundo. En relación con esto, se introducen también objetos más complejos de las teorías científicas.

El cuadro de la realidad en estudio lleva implícito la característica del método de actividad. Todo lo que entra en el campo de acción del método dado es objeto de investigación teórica. Por eso, por ejemplo, la mecánica siempre ha tenido razón al afirmar que todo lo que corresponde a su cuadro del mundo, o sea, todo lo que entra en su esquema de medición es, precisamente, objeto de investigación física. Otra cosa es que si aplicamos el cuadro mecánico del mundo, o sea, los métodos de la mecánica, a los procesos cuyas propiedades no pueden ser concebidas en el marco del método dado, no construiremos la teoría de esos procesos.

Al encontrarse con un tipo nuevo de objetos, cuya estructura no fuera tenida en cuenta en el cuadro ya constituido de la realidad física, el conocimiento cambiaba dicho cuadro. En la física clásica, esos cambios se realizaban introduciéndose nuevas representaciones ontológicas. Sin embargo, las últimas no iban acompañadas por el análisis del esquema abstracto de medición, base operacional de las "estructuras ontológicas" que se postulan. Por eso, cada cuadro nuevo de la realidad física se sometía a una prolongada fundamentación por la experiencia y por las teorías concretas antes de que obtuviera el *status* de cuadro del mundo. La física contemporánea ha dado muestras de otra vía para construir los conocimientos. Estructura el cuadro de la realidad física, explicando el esquema de medición en cuyo marco se describirán los objetos nuevos. Esta explicación se verifica a modo de principios que registran las peculia-

ridades del método de investigación (el principio de la relatividad, el de la complementariedad). Inicialmente, el cuadro del mundo puede no tener forma acabada, pero, conjuntamente con los principios que fijan el "aspecto operacional" del enfoque de la realidad, define la búsqueda de hipótesis matemáticas. La nueva estrategia de la búsqueda teórica ha desplazado los acentos asimismo en la regulación filosófica del proceso del descubrimiento científico: a diferencia de las situaciones clásicas -en que la "ontología filosófica" era la que, ante todo, orientaba la promoción del cuadro físico del mundo-, en las investigaciones físicas contemporáneas el centro de gravedad se traslada a la problemática gnoseológica. Por eso en los principios regulativos que facilitan la búsqueda de las hipótesis matemáticas son presentados explícitamente (en forma concreta, en su aplicación a la investigación física) los postulados de carácter teórico-cognoscitivo (el principio de la correspondencia, el de la sencillez, etc.).

En esto consiste la primera peculiaridad de las investigaciones contemporáneas.

La segunda peculiaridad del método de la hipótesis matemática concierne a los procedimientos de construcción del esquema teórico y de su fundamentación.

Al elaborar una hipótesis matemática, el investigador crea el aparato nuevo restructurando algunas ecuaciones ya conocidas. Las magnitudes físicas que forman parte de esas ecuaciones se transfieren al aparato nuevo, donde obtienen nuevos nexos y, por consiguiente, definiciones nuevas. En correspondencia con ello, de los dominios ya constituidos del saber se toman prestados objetos abstractos, cuyos rasgos estaban representados por las magnitudes físicas. Los objetos abstractos se envuelven en relaciones nuevas, gracias a lo cual se les infiere síntomas nuevos. De esos objetcs se crea el modelo hipotético, que, conjuntamente con el aparato matemático nuevo, se introduce implícitamente a título de su interpretación.

Dicho modelo, aceptado como esquema teórico de los procesos que se investigan, contiene, por regla general, elementos no constructivos, y esto puede redundar en que incluso las ecuaciones prometedoras diverjan del experimento.

Por eso, para fundamentar una hipótesis matemática con el experimento, no es suficiente confrontar simplemente las conclusiones teóricas y los datos experimentales. Hace falta, en todo caso, volver a explicar los modelos hipotéticos, separándolos de las ecuaciones, fundamentarlos constructivamente, cotejarlos otra vez con el formalismo matemático creado y, solo después, comprobar con el experimento las conclusiones teóricas. Estos procedimientos repiten en muchos aspectos el proceso de formación de los esquemas teóricos en la fase de las ciencias naturales clásicas. Pero son orientados hacia un fin por el aparato ya constituido, lo que "densifica" el proceso de búsqueda de esquemas teóricos adecuados, eliminando varios peldaños intermedios de su devenir.

La formación de los conocimientos teóricos se verifica en diferentes estadios de la evolución de la ciencia con distintos medios y métodos, pero cada situación nueva de la búsqueda teórica no simplemente elimina los procedimientos y operaciones de la construcción de la teoría, constituidos anteriormente, sino los levanta dialécticamente. En la investigación contemporánea, el proceso de búsqueda teórica, típico de las teorías clásicas, se reproduce transformado, tal como debe ser en los estadios superiores de la evolución con respecto a sus etapas históricamente recorridas.

T.RAINOV, INVESTIGADOR DE LA CIENCIA

Semión Mikúlinski,
miembro correspondiente
de la AC de la URSS;

Mijaíl Yaroshevski,
doctor en Ciencias
Psicológicas

La historiografía de la historia de la ciencia, como cualquiera otra esfera del saber, tiene su propia historia. Sin embargo, los historiadores de la ciencia, al estudiar las más diversas esferas del saber, casi no se han dedicado a un estudio especial de la historia de la ciencia misma. Esto frena sustancialmente el progreso de la historia de las ciencias naturales y de la técnica como ciencia, la elaboración de sus métodos y bases teóricas, el planteamiento y la comprensión de los problemas y de los métodos para su solución, de los tipos y géneros de investigaciones histórico-científicas, la ampliación de sus fuentes y el crecimiento del nivel filosófico e histórico de las investigaciones. El estudio insuficiente de la historiografía de la historia de la ciencia es una de las causas por la cual -a diferencia de la filosofía, por ejemplo- en la historiografía de la ciencia no se han formado nociones concretas sobre sus principales orientaciones metodológicas. Esto, a su vez, frena el crecimiento del nivel teórico de la historiografía de la historia de la ciencia. No es necesario demostrar que sin conocer la historia de la ciencia es imposible avanzar, más o menos sustancialmente, en la elaboración de su teoría y metodología. Es muy aleccionador el ejemplo de C.Marx quien, al iniciar la revisión radical de todo el sistema de la economía política, consideró necesario realizar un gigantesco trabajo de estudio minucioso de su historia. Desde luego, esto no quiere decir que el sólo conocimiento de la historia basta para elaborar la teoría y la metodología; pero lo cierto es que sin él no se puede esperar un importante éxito en esta tarea.

Todo esto evidencia que el estudio de la historia

de su propia ciencia como uno de los medios, como una de las orientaciones que llevan a profundizar sus bases teóricas, a ampliar y enriquecer su problemática y posibilidades cognoscitivas, constituye una tarea inmediata para los historiadores de la ciencia.

Las vías que conducen a solucionar este problema son diversas. Una de ellas es el análisis de la herencia de los más destacados historiadores de la ciencia. El objetivo del presente artículo es darles a conocer la obra del historiador soviético de la ciencia Timofei Rainov (1888-1958). Su aporte a la historia de la ciencia se distingue tanto por la envergadura de sus investigaciones -que enfocan diferentes períodos de la historia de la ciencia y la técnica rusa y mundial- como por la riqueza de las concepciones innovadoras de la dinámica del conocimiento científico.

La lista de las obras publicadas por T.Rainov contiene más de 100 títulos. Es sorprendente su amplitud. A la par con investigaciones histórico-científicas, también figuran obras de carácter filosófico e histórico-filosófico (sobre la teoría de la creación, la estética kantiana en relación con su teoría de la ciencia, la gnoseología de Lotze, etc.), investigaciones de obras literarias (artículos sobre L.Tolstoi, I.Goncharov, F.Tiútchev); filológicas (monografía sobre la obra de A.Potebnia); sociológicas (sobre el problema de la alienación), etc.

Muchas obras de T.Rainov sobre historia de la ciencia, publicadas en ediciones periódicas entre los años 20 y 30 han pasado a ser desde hace mucho tiempo rarezas bibliográficas, sin embargo, no representan un gran interés solamente como tales. Sin estudiarlas es imposible formarse una idea sobre las primeras etapas de la formación de la escuela soviética de la historia de la ciencia. Rainov fue uno de los primeros historiadores profesionales de las ciencias naturales en la URSS[1].

Trabajador incansable y apasionado, no logró preparar para la imprenta ni publicar numerosas obras comenzadas y algunas casi terminadas que quedaron en forma manuscrita[2].

Timofei Rainov nació el 12 de agosto de 1888 en la aldea Kólchevka, antigua provincia de Besarabia, actual región de Odesa, en la familia de un contador (de pro-

cedencia campesina), funcionario del zemstvo. Se graduó con medalla de oro en el gimnasio en la ciudad de Bólgrad (ant. provincia de Odesa), e ingresó al Instituto politécnico de Petersburgo en 1909. Guiado por el interés hacia las humanidades ingresó en la Universidad de Petersburgo y estudió allí de 1911 a 1915, primero en la Facultad de Historia y Filología y, posteriormente, en la de Derecho.

Se supone que Rainov abandonó la Facultad de Historia y Filología debido a un conflicto que tuvo con el profesor idealista I.Lapshín. Esta versión, sostenida por un antiguo colaborador de Rainov, está confirmada por varios datos indirectos. El estudiante Rainov se dedicaba a los problemas de la psicología de la creación. Según podemos juzgar por su libro *Teoría de la creación*[3], publicado en 1914, sus posiciones eran diametralmente opuestas a las de los subjetivo-idealistas (Avenarius y Mach) e intuicionistas (Bergson), posiciones que profesaba Lapshín. Más tarde, en una de sus primeras obras del período posterior a la Revolución de Octubre, Rainov criticó las ideas de Lapshín acerca de la incognoscibilidad del EGO ajeno. De esto no se desprende, sin embargo, que Rainov, aún siendo estudiante, hubiera comprendido la interpretación materialista histórica de la creación. Esta comprensión llegó más tarde.

El estudioso de la literatura D.Ovsiánniko-Kulikovski, destacado especialista en la psicología de la creación, influyó mucho en Rainov, despertando su interés por los problemas de psicología. Rainov dedicó su primer libro *Teoría de la creación* precisamente a Ovsiánniko-Kulikovski. Este estaba relacionado con un grupo de discípulos del gran pensador y filólogo ruso A.Potiebnia, quienes editaban en Járkov la edición periódica *Problemas de la teoría y psicología de la creación*.

Rainov plantea en su libro la necesidad de estructurar una asignatura especial, la fenomenología de la creación, diferente a la psicología de la creación. Al explicar la especificidad de esta asignatura nueva, Rainov erige sus principios básicos a la fenomenología del espíritu de Hegel al diferenciar "lo propio" y "lo impropio" en el concepto de fenómeno. Este concepto, destaca Rainov, Kant lo empleaba en ambos aspectos, hecho que llevó a la aparición de dos tendencias dife-

rentes en el pensamiento filosófico. "La historia posterior del pensamiento aprobó las dos tendencias al desarrollarlas bajo influencias particulares"[4].

"Lo impropio" -interpretación subjetivo-idealista del fenómeno- fue percibido, según Rainov, por Mach, cuya filosofía se denominó fenomenología: "La filosofía más popular de las ciencias naturales de Mach se apropió de esta denominación, pero tiene muy poco de común con la "fenomenología" de Hegel. Tergiversó por completo el propio significado de la palabra "fenómeno". Mientras que para Hegel la fenomenología fue la historia novelada de la conciencia, para Mach es solo la "descripción pura" de los datos de la "experiencia pura" que únicamente se automanifiestan o más bien no manifiestan nada, puesto que ya todo está manifestado"[5].

La fenomenología de la creación debe ser, según Rainov, la continuación de la línea de Hegel, según la cual la creación es el camino que recorre la conciencia de su "ser en sí" a su "ser para sí"[6]. Este camino lo recorre la "conciencia en general", bajo la cual Rainov comprendía la conciencia "que se manifiesta en la ciencia, el arte, la técnica, etc."[7], en otras palabras, en los valores de la cultura. Debe considerarse como superindividual, superpersonal porque representa algo sustancialmente diferente que la conciencia de cada sujeto determinado.

La fenomenología es la ciencia acerca de la cultura como tal, la filosofía de la cultura histórica que "encuentra ante sí el hecho de los valores en el torrente del ser histórico"[8].

En la interpretación de este torrente -génesis de los valores y su transformación-, el joven Rainov siguiendo a Hegel, se muestra partidario de la filosofía idealista. Desconoce el principio de la reflexión y el papel de la práctica social en el desarrollo de las formas de la cultura.

Destaquemos, sin embargo, que al deducir estas formas de las manifestaciones de la conciencia supraindividual "en general", Rainov rechazaba la teoría según la cual la naturaleza, todo el mundo físico era también producto de esta conciencia. Separaba su fenomenología de la creación no solo de la psicología sino también de la "metafísica de la creación", para la cual

el mundo objetivo es obra de la voluntad, de la razón o de cualquier otra fuerza inmaterial.

Al hablar, en particular, del descubrimiento de la ley de la gravitación universal, destacaba: "Nadie va a defender la tesis absurda de que esta interdependencia de las masas apareció aquel día de 1682 cuando Newton terminó, por fin, él solo o con ayuda de uno de sus amigos, sus cálculos (...). La "dependencia de las masas" siempre habría existido aunque no hubiera nacido Newton o alguien capaz de captar esta dependencia"[9].

Dos ideas implícitas en uno de los primeros trabajos de Rainov, orientarían sus investigaciones posteriores: la necesidad de diferenciar el estudio de los valores que habían de ser descubiertos en el futuro, y el análisis de actos psicológicos mediante los cuales se toma conciencia de aquéllos, así como la necesidad de separar estos valores del "torrente del ser histórico".

Este cambio de ideas se contraponía a los conceptos que dominaban en aquella época, que reducían la creación a procesos operados en el mundo interno del sujeto, a la dinámica de sus concepciones, sentimientos, etc.

En la Universidad fue cuando Rainov se formó como investigador independiente. No es casual que, posteriormente, fechó en el año 1911 el comienzo de sus investigaciones científicas. En el centro de sus intereses figuraban los problemas filosóficos, mas la peculiaridad de sus investigaciones definió el estudio de varias ciencias en la Facultad de Física y Matemática y en la de Historia y Filología. Esto lo preparó para las futuras investigaciones en materia de la historia de la ciencia. Un detalle curioso: al llenar en los años 40 su expediente personal, en la columna "especialidad al graduarse en la escuela superior", escribió "historiador", aunque la Facultad de Derecho en la cual se había graduado no tenía tal especialidad.

Estos pormenores de la biografía de Rainov son esenciales también por otra causa. Entre sus papeles de aquel período se encuentra el artículo "El caballero del rayo rojo. Acerca de la psicología de la obra creadora de K.Timiriázev"[10], sin fecha pero con la

acotación "aldea de Shesterniá...", lo cual permite afirmar que fue escrito antes de febrero de 1923. Este brillante artículo, escrito con gran expresividad, donde define a K.Timiriázev como el "orgullo de la ciencia rusa", es interesante en muchos aspectos. Primero, demuestra que Rainov ya a comienzos de los años 20 se interesó por la obra de los representantes de las ciencias naturales, de la historia de la ciencia. Mas teniendo en cuenta que el artículo ofrece numerosos detalles de la biografía de Timiriázev, describe sutilmente las peculiaridades de su personalidad y revela un buen conocimiento de sus obras, sería lógico suponer que Rainov se interesó mucho antes por la vida y la obra de Timiriázev. Segundo, el artículo saluda con entusiasmo la revolución. Y tercero, contiene remisiones a las ideas de C.Marx. Debido a que en una aldea ucraniana recién liberada encontrar los libros de Marx era una empresa menos verosímil que la de encontrar los libros de Timiriázev, podemos suponer que Rainov leía a Marx o por lo menos la exposición de su doctrina, antes de haber llegado a Ucrania, o sea, antes de 1918.

El lenguaje del artículo es sorprendentemente sencillo. Leyéndolo uno se compenetra del cariñó que el autor profesa a Timiriázev -y no es casual que lo llame "caballero del rayo rojo". El rayo rojo -esto se ve reflejado en todo el artículo- no es solo el rayo del espectro solar, cuyo papel en el proceso de la fotogénesis estudió Timiriázev, sino también el haz que iluminaba el camino de Timiriázev desde niño, el camino de luchador por la democracia, por la unidad de la ciencia y el pueblo trabajador, de la ciencia y el trabajo.

El artículo de Rainov sobre Timiriázev no es una necrología. Por su forma y emotividad puede catalogarse más bien entre las obras del género publicístico histórico-científico, género, dicho a propósito, muy importante por su influencia emocional. La idea principal del artículo consiste en que las peculiaridades de la personalidad del científico no solo influyen en la orientación y el desarrollo de sus actividades, sino hasta en su contenido. Esta tesis es discutible. Se asocia a problemas complejos, ante todo, al de la objetividad de la verdad histórica, que

no depende del carácter y la psicología del científico. A pesar de los múltiples intentos emprendidos en esta esfera, en particular en los últimos veinte años, nadie ha logrado demostrar con rigurosidad la tesis sobre la influencia de la personalidad del científico sobre el contenido de su obra. El hecho de que Rainov enfocara esta cuestión en los años 20, refleja el carácter peculiar de sus búsquedas como historiador de la ciencia: el deseo de mostrar los resortes internos del movimiento del conocimiento científico, desentrañar las relaciones encubiertas de la ciencia con los procesos sociales que forman la conciencia y el carácter de los hombres, con la cultura en el sentido más amplio de la palabra.

En 1923, Rainov se traslada a Moscú y comienza a trabajar en la biblioteca de la Academia Comunista. Dirige el departamento de consultas bibliográficas (1924-1935), realiza un gran trabajo científico-bibliográfico,organiza consultas y exhibiciones dedicadas a los problemas más actuales de la construcción socialista y de la teoría marxista-leninista.

En lo tocante a sus obras científicas, la primera publicación importante de aquel período fue el libro *Alexandr Afanásievich Potebnia*[11]. Los años que separan la *Teoría de la creación* de Rainov de su monografía sobre Potebnia fueron jalonados por el cambio histórico en los destinos de su Patria. Este cambio transformó radicalmente tanto la vida social como la atmósfera espiritual de la sociedad rusa y abrió los horizontes de la filosofía marxista a la intelectualidad científica. El estudio de la teoría marxista del desarrollo social cambió la orientación de la obra investigadora de Rainov. Si en el libro *Teoría de la creación* Rainov presentaba de un modo muy abstracto la serie histórica de los valores culturales, en el libro dedicado a Potebnia enfoca, siguiendo a Marx, la historia como un proceso objetivo. En lugar de esquemas abstractos, el libro analiza el desarrollo real de la ciencia, en primer término, de un amplio conjunto de asignaturas naturales y humanísticas en la Rusia del siglo XIX, y además, no como un fondo necesario para la comprensión del propio Potebnia, sino como reflejo del progreso objetivo del pensamiento científico entre los años 60 y 80.

En el cuadro del progreso de la ciencia nacional reconstruido por Rainov ofrecen un interés especial los planteamientos generales del autor. Destaquemos cuatro de ellos:

a) el modo de pensar, propio de la ciencia, se consideraba válido para cualquier objeto de investigación, tratárase de fenómenos de la naturaleza o de la vida social;

b) Rainov presentaba la ciencia no solo como una formación íntegra, sino que trataba de penetrar en la dinámica de su desarrollo. No se limitó a la parte material del problema (transformación de las concepciones, aparición de nuevos datos, etc.), sino que buscaba las peculiaridades estilísticas del pensamiento científico, propias de aquel período, tales como la síntesis creadora, típica de los años 60, o la orientación hacia la elaboración detallada de problemas importantes, aunque relativamente particulares, en la ciencia de los años 80;

c) el cambio de las orientaciones estilísticas se correspondió con aspectos de organización de la ciencia. En la época del surgimiento de las grandes ideas programáticas, en el escenario histórico predominan figuras aisladas; en el período posterior, el peso específico principal pertenece a las formas colectivas de la labor investigadora;

d) la obra individual -por grande que sea el talento del sujeto- depende de las peculiaridades generales, sistémicas del período dado, con cuyo cambio se modifica la orientación del pensamiento y los intereses de cada científico individual.

La búsqueda de los cambios, sujetos a leyes, en el desarrollo del conocimiento continuaría siendo uno de los motivos principales de la obra de Rainov como historiador de la ciencia. ¿En qué consiste la naturaleza de estos cambios?

En busca de la respuesta a este interrogante, Rainov se remite a la interpretación sistémica marxista de las regularidades de la vida social. Se guiaba precisamente por ella al ocuparse -después del libro dedicado a Potebnia- de la investigación del fenómeno cultural general que Rainov denominó con el término "alienación de la acción". Veía la explicación de este fenómeno en la crisis general del sistema capitalista,

crisis que se manifestó tanto en la economía como en la filosofía, la ciencia y el arte.

Basándose en el análisis de la transición de la producción artesanal a la maquinizada dado por Marx en *El Capital*, Rainov destaca que es imposible adaptar la máquina a la individualidad de los obreros quienes, según Marx, se convierten en sus "apéndices vivos". La causa de la enajenación, subraya Rainov, no radica en el trabajo maquinizado como tal, sino en las relaciones sociales capitalistas: la actividad laboral del obrero se regula en interés de aquellos que poseen los medios de producción. Rainov correlaciona la situación en la vida económica con los procesos que se operan en la esfera de la cultura, en la cual "rezuma a chorros el gas venenoso de la alienación de la acción"[12]. Si el sistema de Taylor apareció aplicado a la organización del trabajo, en la filosofía fue Avenarius quien propuso presentar a los hombres como mecanismos privados de la capacidad de pensar y sentir; en la psicología surgió el behaviorismo, que exorcizaba el concepto de conciencia; en el arte, varios maestros de la palabra y del pincel representan al hombre como un ser que actúa como si su estado interno, espiritual, no tuviera importancia alguna para expresar el sentido de su conducta. En las teorías de la ciencia, el neokantismo (Cohen) llegó a la idea del "pensamiento creador del mundo, que no pertenece a individuo alguno y es función alienada del sujeto"[13]. "Liberó" el pensamiento de las relaciones no solo con los objetos sino también con el sujeto. Esta tendencia continuaba profundizándose.

El método histórico con el cual Rainov enfocaba la alienación se expresó en que ésta, según él, surgió solamente en el capitalismo y es propio exclusivamente de esta sociedad. Sustituido el capitalismo por el socialismo, desaparece la propia base socioeconómica de la alienación, base objetiva que la nutre. Así pues, el investigador comprendía la alienación como un fenómeno pasajero. Segundo, Rainov advertía que la ideología de la alienación no debía confundirse con las concepciones científicas, aparentemente similares a ella, pero en realidad completamente diferentes, sobre todo, con la doctrina de Descartes sobre los animales como autómatas y con la de Séchenov sobre

los reflejos del encéfalo. El problema clave para Rainov era el de reconstruir la serie histórica de los valores de la cultura (incluida la ciencia como su componente indefectible). Bajo la influencia del marxismo pasó de la fenomenología de la creación a la búsqueda de las regularidades a las cuales se supedita esta serie histórica, y al estudio de las relaciones entre las causas "internas" y "externas" de los cambios que se operan en ésta. Habla de la "línea del progreso interno de la ciencia"[14], así como de las influencias sociales que ésta experimenta.

En las investigaciones de Rainov se manifiesta cada vez más definidamente la orientación hacia la necesidad de fundir el análisis de la historia universal de las ciencias naturales y la historia, correspondiente a las ciencias particulares (la física, en primer lugar), con el estudio de las regularidades de la creación científica. En relación con esto hemos de destacar, ante todo, su artículo innovador publicado en 1929 en la revista *Isis* y titulado "Fluctuaciones ondiformes de la productividad creadora en el desarrollo de la física eurooccidental en los siglos XVIII-XIX"[15] y el artículo, publicado en 1934, "Acerca del tipo de científico de erudición universal"[16].

En la primera de las mencionadas investigaciones, Rainov se planteó la tarea de "estudiar el problema de la existencia de ondas más o menos prolongadas de actividad creadora en el desarrollo de la ciencia"[17].

Con este fin, basándose en los hechos consignados en las obras de historia de la física y empleando métodos estadísticos, analizó las fluctuaciones del número de descubrimientos producidos en la física en Alemania, Inglaterra y Francia durante dos siglos. Comprendiendo que cada descubrimiento tomado como unidad puede diferenciarse del otro por su importancia, suponía al mismo tiempo (por analogía con la estadística demográfica) que el cálculo del número total de los descubrimientos representa un interés independiente como evaluación de la actividad creadora de distintas épocas. Advirtamos que en noviembre de 1926, en el informe presentado ante la reunión pública de la Comisión para la historia de los conocimientos, de la Academia de Ciencias de la URSS, V.Vernadski atrajo la atención hacia cierta pulsación

del pensamiento científico. En la historia de la ciencia, escribía, se observa una sustitución de períodos de su atenuación y otros de desarrollo acelerado. Según opinaba, tales oscilaciones de la actividad creadora caracterizaban tanto a la ciencia en general como a la historia de la ciencia en determinados países. Vernadski exhortaba a investigarlas. Estas oscilaciones, decía el científico, "no pueden ser casuales..., se supeditan al peso y a la medida"[18].

Esta fue la tarea que planteó Vernadski a grandes rasgos y que Rainov se esforzaba por resolver con la ayuda de los métodos cuantitativos. Es significativo el hecho de que en 1928 Rainov presentó su trabajo al examen de la Comisión para la historia de los conocimientos, de la Academia de Ciencias de la URSS, que encabezaba Vernadski. Así pues, no es una simple investigación aislada, sino una orientación determinada de la búsqueda en la historiografía soviética de la historia de la ciencia.

Ya antes existieron intentos de emplear los métodos cuantitativos a fin de conocer el desarrollo de la ciencia. El espíritu innovador de Rainov consiste en que antes, cuando ni siquiera se había hablado de la cienciometría, fue el primero en emplear estos métodos no para definir el crecimiento del volumen de la ciencia (cantidad de publicaciones, número de científicos, etc.) -como lo empezaron a hacer por doquier en los años 60-, sino para analizar el desarrollo del contenido de la ciencia y presentar el análisis cuantitativo de la dinámica de los descubrimientos científicos. Tal enfoque solo se vislumbró últimamente. Esto significa que Rainov se había adelantado a su época casi en medio siglo.

Rainov también empleaba los métodos cuantitativos en el proceso de elaboración de otra cuestión -del tipo de "científico de vasta erudición"-, así como en el artículo "Descubrimientos rectores en la ciencia". En el artículo "Acerca del científico de vasta erudición" se propuso establecer la proporción de científicos de este tipo a partir del siglo XVIII hasta el XX inclusive, los rasgos característicos del científico del tipo mencionado y las causas que condicionan su aparición. La orientación cienciológica de este trabajo se manifiestan más claramente en el intento

de Rainov de revelar las condiciones que favorecen la formación de los científicos de vastos conocimientos en la ciencia contemporánea. Los problemas planteados en estos artículos continúan despertando vivo interés hasta la fecha y son de gran importancia. Revisten interés cienciológico, tanto en el aspecto histórico como en el actual, los problemas que aborda Rainov en su artículo "Expansión capitalista y el transplante de de la ciencia"[19] (1935). Todo esto permite considerar a Rainov no solo como un destacado historiador de la ciencia, sino también como uno de los primeros fundadores de las investigaciones cienciológicas. Lo testimonian, como veremos más adelante, sus ideas, bien precisas, desarrolladas en el artículo "Acerca del tipo de científico de vasta erudición" y en sus trabajos posteriores, sobre la organización social interna de la ciencia que en lo sucesivo se convirtió en uno de los principales objetos de estudio de la sociología de la ciencia, formada un poco más tarde.

Según Rainov, los científicos de vastos conocimientos eran aquellos que combinaban consecutiva o simultáneamente el trabajo de investigación en dos o más esferas del saber, aisladas, por lo general, en ese momento y estudiadas por especialistas. Como resultado del procesamiento estadístico de muestras representativas, Rainov estableció que de todos los científicos de un período determinado la proporción de los de tipo señalado (en forma generalizada) fue de 25-30% en los siglos XVI-XVIII y de 15-20% en el siglo XIX y a comienzos del XX.

Rainov no se limitó, sin embargo, a la obtención de estos datos interesantes y de importancia, sino que hizo un análisis multilateral del fenómeno que había investigado. Destacó, ante todo, que el concepto de vasta erudición debía considerarse como un fenómeno asociado no al carácter elemental de la ciencia, sino a su desarrollo considerable a cierta complejidad de su organización social. Los vastos conocimientos o la erudición no es una característica que acompaña obligatoriamente el gran talento. El talento es condición de los vastos conocimientos, pero muchos científicos de enorme talento no han poseído vastos conocimientos. "Por su génesis -escribía Rainov-, el concepto de vasta erudición no puede reducirse, evi-

dentemente, a un simple reflejo psicológico de un talento científico. De todas maneras, no es un problema puramente psicológico. Por "predestinados" que sean los científicos a ejercer uno u otro tipo o género de actividad, entre la "predestinación" y su encarnación se halla el medio social en que vive el científico, la organización socialmente establecida del trabajo científico, los medios y métodos de ese trabajo socialmente condicionados, etc. Todo esto ejerce una influencia decisiva sobre el hombre de ciencia, y su pertenencia a uno u otro tipo socialmente difundido, se define, en última instancia, por las condiciones extrapsicológicas, aunque dicha influencia se realiza, naturalmente, a través de la psicología individual del científico. De ahí que la génesis del fenómeno de "vasta erudición" en la ciencia rebase mucho los límites de la psicología"[20].

No se puede pasar por alto el hecho de que Rainov no solo recalcó el condicionamiento social del desarrollo de la ciencia, digamos, en general, sino que además subrayó que éste condicionamiento se pone de manifiesto, en particular, en la organización social del trabajo en la ciencia específica para cada gran época histórica, así como en los medios y métodos del trabajo científico socialmente condicionados. Estas conclusiones, notables por su profundidad, extraídas en 1934, contienen en realidad ciertas premisas básicas de la conocida concepción de las normas en la ciencia que más tarde formuló R.K.Merton, concepción que se ha hecho mundialmente conocida. Sin embargo, hay una diferencia de principios. Mientras Merton analiza las normas de la ciencia de una manera extrahistórica, Rainov las considera no solo como emanantes del proceso de desarrollo histórico de la ciencia en determinadas condiciones sociales, sino también como las normas que cambian en el plano histórico.

Según Rainov, la organización social de la ciencia incluye métodos históricamente variables de la profesionalización del trabajo científico, la aparición de especialidades y relaciones estructurales entre éstas. Los científicos se incorporan, consciente o inconscientemente -escribía Rainov-, a las condiciones de trabajo, definidas por las condiciones sociales y relacionadas con el carácter del modo de producción.

De haberse limitado Rainov sólo a esto, su obra igualmente hubiera merecido ocupar uno de los lugares más destacados en la historiografía de la historia de la ciencia. Pero fue más allá. No son únicamente las condiciones sociales, escribía, las que influyen en el status profesional de los científicos. "Para que estas condiciones puedan influir, es necesario que las condiciones internas del trabajo científico lo permitan. La necesidad y la demanda de cambiar las especialidades o fundir una especialidad con otra debe, dijérase, refractarse, en una u otra medida, por la regularidad estructural de la propia ciencia"[21].

El concepto de vasta erudición, escribía Rainov, se basa en el "carácter complejo de principios de los problemas científicos"[22], y el camino más frecuente que conduce al hombre de ciencia a los vastos conocimientos es que éste descubre el método "de largo alcance", aplicable a diferentes esferas, o transplanta el criterio y métodos de una esfera a otra. Al profundizar esta idea en el artículo "Ingenio creador de V.L.Komarov", Rainov escribía que un fenómeno tan extraño e inesperado, a primera vista, como el que en los años 20 del siglo XX -pese a una diferenciación considerable de las ciencias- un 15-20% del total de los hombres de ciencia correspondiera al tipo de científicos de vasta erudición, se debe a múltiples causas, entre las cuales debe considerarse como una de las más importantes la aparición en la ciencia del último siglo de tendencias integradoras de las condiciones de la diferenciación misma del trabajo de investigación científica. Cuanto más se ramifica la investigación científica en lo que hace a la especialización, tanto más el mismo objeto de investigación científica y sus resultados se resisten a esta diferenciación. Con frecuencia ocurre que un estudio estrictamente especializado de unos u otros objetos que se realiza en forma consecuente y de acuerdo con un plan establecido, conduce, en definitiva, a superar las barreras que pone la especialidad. Los objetos del mundo real son complejos en esencia, y una línea aislada en la investigación de los mismos nos llevará, tarde o temprano, a nudos y entrelazamientos en los cuales tales líneas comienzan y terminan. Resulta imposible encontrar en cada uno de estos nudos su lí-

nea específica sin procurar desatar el propio nudo, o sea, sin rebasar el marco de "su propia" especialidad. Más aún, hasta el carácter de las líneas "específicas" existentes entre los nudos depende de dónde y cómo estas líneas salen y vuelven a entrar en nudos más o menos complejos o en conjuntos del mundo real. Es éste el terreno actual del cual surge el científico contemporáneo de vastos conocimientos.

Pero volvamos al artículo de 1934. Al desarrollar de una manera más profunda la idea de que el progreso de la ciencia es definido por las condiciones sociales (y como su reflejo, por una determinada organización social del trabajo -que va cambiando históricamente- en la propia ciencia) y por las regularidades internas del cambio de la estructura del saber científico, Rainov escribía más adelante: "Cualesquiera que sean los factores de la vasta erudición, implícitas en las condiciones sociales del trabajo del hombre de ciencia y en las peculiaridades del propio trabajo científico como tal, pueden influir en el hombre solo al haberse refractado a través de su constitución psicofísica individual"[23].

De modo que el desarrollo de la ciencia y de cualquier fenómeno registrado en ella solo puede ser comprendido e interpretado si se analizan teniendo en cuenta la influencia determinante de las condiciones sociohistóricas y considerando las regularidades internas del desarrollo del progreso del conocimiento científico y las peculiaridades personales del científico. Así pues, ya a comienzos de los años 30, Rainov, basándose en material histórico concreto, desarrolló las ideas marxistas acerca del desarrollo de la ciencia. Enfocaba la ciencia como elemento del sistema social. Para entender todo lo que se opera en la ciencia es preciso ver las raíces mismas de sus vínculos con el progreso social. Rainov destacaba esta idea invariablemente en casi todas sus obras. El propio mundo de la ciencia representa, a su juicio, cierta estructura social con formas históricamente variables dentro de las cuales se desarrollan las actividades de algunos de sus "habitantes". No hemos de olvidar que en aquella época la sociología de la ciencia, como una materia especial, aún no existía. La conclusión de que la ciencia misma (o sea, la actividad científi-

ca) tiene su propia organización social, impulsó a Rainov a analizar el problema de la tipología de los científicos no desde el punto de vista de la peculiaridad de su carácter o individualidad (como, por ejemplo, en la tipología popular de Ostwald, quien dividía a los científicos en clásicos y románticos, o en las tipologías contemporáneas orientadas hacia las características psicológicas), sino partiendo de las exigencias objetivas que plantea ante los científicos su estructura social interna.

Guiándose por la orientación marxista, Rainov consideraba las "condiciones sociales del trabajo y de las profesiones"[24] como las bases de la psicología del científico. En el capitalismo, destacaba, "nadie cría, ni educa ni cultiva a nivel de sociedad a científicos de vastos conocimientos, por importante y racional que sea la función social que ellos desempeñan"[25]. Esto significaba que la sociedad, estructurada sobre bases racionales, debe cultivar conscientemente y con adecuación a fines -según las demandas sociales- el tipo de investigador de vastos conocimientos, tan importante para el progreso de la ciencia fundamental y de la aplicada.

x x x

A partir de 1929, Rainov comienza a estudiar la historia de las ciencias naturales en el país, correspondiente al período que antecedió al reinado de Pedro el Grande. Fue en su monografía *La ciencia en la Rusia de los siglos XI-XVII*[26] donde consignó el resultado parcial de las investigaciones de este ciclo. Presentó por primera vez un amplio panorama del desarrollo de las concepciones científico-naturales de la naturaleza en los pueblos eslavos de la Rus Antigua. Rainov demostró que en el pasado el pensamiento ruso en ningún momento se aisló de la obra de toda la humanidad, y que el pueblo ruso, aunque en aquel entonces no tenía científicos geniales, hizo un trabajo gigantesco marcado por el sello del genio popular y encaminado a apoderarse de las riquezas naturales en un vasto territorio europeo y asiático. Esa gran empresa económica y político-administrativa tuvo un aspecto científico-natural, cuyo análisis, preci-

samente, constituyó el tema principal del libro de Rainov.

Rainov percibió la idea de Potebnia de que la obra científica tiene sus raíces en la vida espiritual del pueblo. Potebnia escribía que el pueblo es un gran científico, un gran filósofo que durante milenios perfecciona los métodos de aceleración del pensamiento, y expresa por medio del idioma los frutos de sus esfuerzos en beneficio de las generaciones venideras.

Potebnia, sin embargo, consideraba estos esfuerzos como intelectuales, sin supeditarlos a la práctica social, que transforma el lenguaje "natural" de las acciones reales en la urdimbre del desarrollo espiritual del pueblo. Al asimilar el criterio materialista histórico, Rainov invoca a la "subiduría consuetudinaria profesional y técnica" de los trabajadores como fuente de las nociones de la naturaleza, de las cuales creció el pensamiento científico ruso.

Este planteamiento metodológico preside los *Ensayos* de Rainov, quien reconstruyó los conocimientos de las ciencias naturales en el período anterior al reinado de Pedro I, valiéndose no solo de los monumentos escritos, sino también de la información "tácitamente contenida en la técnica". El libro de Rainov ofrece por primera vez un enfoque desplegado del desarrollo de los conocimientos científicos en la Rus Antigua. En esta obra encontramos una sorprendente riqueza de fuentes incorporadas al uso científico y examinadas por primera vez a la luz de la historia de la ciencia. En esto radica el gran valor de los *Ensayos*. Sin embargo, no es menos importante la idea que, en pos de Vernadski, Rainov siempre destacó en sus artículos de los años 30 y que se encarnó en los *Ensayos:* la historia de la ciencia, en particular, de los períodos tempranos de su desarrollo, no puede ser completa si no se presta atención a la historia de la técnica. Desde el principio, la historia intelectual está condicionada por las relaciones sociales, por las necesidades de la economía, la política y el arte militar.

Según demostró Rainov, basándose en un análisis esmerado de las fuentes, en el período anterior al reinado de Pedro el Grande, a pesar del atraso económico del país, las fuerzas espirituales del pueblo

poseían un gran potencial creador que garantizó su participación en el progreso general del conocimiento en las ciencias naturales.

El problema del carácter autóctono de la ciencia rusa y su interrelación con la universal, siempre nucleó la atención de Rainov. A este tema se dedican sus obras sobre Lomonósov[27]; sobre las relaciones entre los académicos rusos y Buffon[28], sobre la obra de Daniel Bernoulli en la Academia de Ciencias en Petersburgo[29], sobre Ch.Darwin como miembro correspondiente de la Academia de Ciencias[30], sobre Newton y las ciencias naturales rusas[31], etc.

Rainov estudiaba al mismo tiempo las obras que abordaban la historia de las ciencias naturales editadas en Occidente; en sus reseñas dedicadas a estas obras, analizaba los problemas cardinales del desarrollo de las ciencias,desde los problemas de su aparición en la antigüedad hasta los debates sobre las bases teóricas de la mecánica cuántica y la metodología de las investigaciones histórico-científicas.

La amplia reseña de las obras de George Sarton, escrita por Rainov, sigue siendo la mejor y la de más profundo contenido entre todas las que se han dedicado a este conocido historiador de la ciencia[32]. Al evaluar altamente el carácter informativo de la *Introducción a la historia de la ciencia* de Sarton, que contenía un enorme acervo de preciosos datos fácticos, Rainov critica resueltamente la posición metodológica del autor. Este, a pesar de proclamar en 1913 que la historia de la ciencia era uno de los elementos de la historia universal de la civilización, inexplicable si no se remite a otros elementos de la misma, sin embargo, en realidad (a despecho de que se reconoce la importancia de los factores sociales y económicos), los excluyó de su análisis del proceso histórico-científico. Sarton recomendaba leer libros sobre la historia política y económica considerando que de esta manera se revelaría de por sí, digamos, la relación entre la ciencia y la sociedad.

Al objetar a Sarton, Rainov escribía: "Se sabe que en las historias económicas y políticas nada se trata de cómo influyen las condiciones políticas y económicas en el desarrollo de la ciencia, ni tampoco de que estas ejercen, en general, cierta influencia en las

ciencias. No se habla de esto fundamentalmente porque los historiadores de la ciencia no han dilucidado esto; hacerlo es su tarea primordial"[33].

Al perder de vista deliberadamente lo que él llamaba la "base material de la historia humana", Sarton se privó de la posibilidad de comprender por qué surgen los problemas, las ideas y los métodos. Rainov demuestra que Sarton rechazó una explicación científica, o sea causal, de los fenómenos en la historia de la ciencia en aras de afianzar la concepción teleológica, según la cual la humanidad (diferentes épocas y pueblos) está regida por cierta "tarea sublime"[34]. "No es difícil prever -decía Rainov- que la tendencia teleológica de Sarton debe conducirlo a renunciar de hecho a aquello que se denomina explicación histórica. Esto sucede siempre con la teleología"[35]. En efecto, al enfrentarse con acontecimientos importantes en la historia de la ciencia, Sarton se ve obligado a recurrir a aquello que Rainov denomina ingeniosamente "teoría de la casualidad creadora libre"[36]. En la renuncia al análisis social Rainov veía un error radical que cometía el historiador norteamericano. Este error no fue casual, según opinaba Rainov. Dimanaba de que Sarton no supo liberarse de la influencia de la concepción positivista. He aquí, según Rainov, la raíz de otra deficiencia de principios inherente a sus obras. Sarton -como nadie en su tiempo- conoció en detalle las obras de los autores antiguos y medievales y se esforzaba no tanto por comprenderlas en el contexto de la época en que se crearon, como por compararlas con los conocimientos contemporáneos a él. En el espíritu del positivismo kantiano, escribió Rainov, "su orientación fundamental es hacia la ciencia positiva contemporánea. Fija su atención en el proceso de formación de esta última... Tal posición tiene determinados argumentos. Pero existe el peligro de que en este caso resulte difícil comprender la integridad interna de determinadas épocas"[37]. Debemos saber qué parte de la ciencia anterior se conserva para su desarrollo sucesivo, afirmaba Rainov, pero no en perjuicio de la comprensión del proceso de su desarrollo. "Por eso -escribía- preferiríamos exponer a los autores del pasado a la luz de su tiempo y solamente después de ello tomar lo que desempeñó cierto papel en el progre-

so posterior de la ciencia"[38]. Al hablar del artículo de Rainov sobre la obra de G.Sarton, no se puede menos que destacar el alto grado de firmeza de principios y la objetividad científica de Rainov. Hasta sus puntos de vista aquí citados muestran cuán crítico fue su artículo. Entretanto, uno de los motivos para escribirlo fue la solicitud del propio Sarton quien envió a Rainov el segundo tomo de su *Introducción*. En la carta que le escribió el 14 de noviembre de 1931, Sarton pedía que su obra fuera discutida, en la medida de lo posible, en una revista rusa. Naturalmente, Rainov no podía dejar de apreciar sus relaciones con Sarton, puesto que en aquel entonces era en Occidente la autoridad más prestigiosa en materia de historia de la ciencia. Sin embargo, Rainov expresó con toda franqueza su desacuerdo con los lineamientos y puntos de vista de Sarton y reveló sus debilidades.

A finales de los años 30, Rainov trabajó en el Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica de la AC de la URSS y, posteriormente, en la Comisión para la historia de las ciencias naturales y la técnica (la AC de la URSS). Fue entonces cuando dictó las conferencias en la Universidad de Moscú sobre la historia de la ciencia universal y rusa de los siglos VII-XVIII. En aquellos años escribió el artículo sobre Lagrange, Watt y Ampère, en el cual reveló la tradición mecanicista en la ciencia del siglo XVIII - comienzos del XX, sus raíces gnoseológicas y sociales[39].

La necesidad de comprender el desarrollo del pensamiento científico como proceso histórico-universal le impulsó a remitirse a la historia de la ciencia oriental. Empezó a estudiar el pensamiento científico de los pueblos de Asia Central y el desarrollo de la ciencia soviética en Uzbekistán[40]; abordó la preparación de una monografía dedicada a al-Farabi, gran científico y filósofo de Asia Central; trabajó varios años y la terminó antes de morir. El manuscrito (unos 40 pliegos) no se ha publicado todavía y se guarda en el Departamento de manuscritos de la Biblioteca V.I.Lenin de Moscú. En esta monografía, además de la concepción del mundo de al-Farabi, se analiza minuciosamente su cosmología confrontándola con la de *Avesta*, correlaciona su teoría del Estado con las de sus prede-

cesores en Bizancio y en Europa Occidental, las consonancias de la concepción del mundo de al-Farabi y la de Erígena, su gran contemporáneo de Occidente, y las vías posibles de surgimiento de esta consonancia, etc.

En el Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica, Rainov preparó -en calidad de redactor- la publicación del primer tomo de *La herencia científica* (1948), que contenía fuentes bibliográficas sobre historia de la ciencia rusa y occidental. En esa edición se publicó su trabajo dedicado al papel de R.Hooke en el devenir del método experimental y en la elaboración de su teoría[41]. La historia del devenir del método experimental siempre estaba en la esfera de los intereses de Rainov. En relación con esto, preparó la monografía especial dedicada al científico del siglo XIII Pièrre de Maricourt.

Las ocupaciones bibliográficas de Rainov se fundieron con las histórico-científicas cuando emprendió una investigación especial sobre las revistas de la Academia de Ciencias.

Todos los que conocieron a Timofei Rainov le caracterizan no solo como a un destacado científico de vasta erudición, sino como a un luchador apasionado por sus convicciones. Serio y hasta de apariencia severa, Rainov era en realidad una persona sensible y atenta con los demás. A juzgar por su herencia científica, poseía en realidad enormes conocimientos, representaba el tipo de historiador enciclopedista y, además, conjugaba orgánicamente el conocimiento de finísimos detalles históricos con el alto vuelo del pensamiento filosófico...

x x x

Se sabe que el progreso de cualquier esfera del conocimiento depende del potencial creador, de la asimilación de la metodología científica y de la capacitación profesional de los que la crean. Esto se refiere, naturalmente, también a los destinos de la historia de la ciencia, como rama especial de investigación. ¿Cómo deben ser sus constructores? ¿Qué cualidades deben poseer para asegurar el progreso en esta esfera, la cual, en general, tiene una gran importancia conceptual y cultural y generaliza la experiencia histó-

rica, cuyo análisis contribuye a solucionar los problemas relacionados con la práctica de la investigación contemporánea? En busca de la respuesta a estos interrogantes un importante papel puede desempeñar la alusión a la personalidad y a la obra de quienes supieron elevar sustancialmente el nivel del conocimiento histórico-científico al enriquecerlo con importantes resultados. Las peculiaridades de su obra son aleccionadoras también en lo tocante al examen del carácter original del trabajo de un historiador de la ciencia, de su "profesiograma" -por así decirlo- como base en la labor de preparar los cuadros para esta disciplina. El conocimiento de la biografía científica de Rainov es de gran interés en este sentido.

Al investigar la historia del pensamiento científico ruso -objeto fundamental de sus intereses como historiador- Rainov se guiaba por la idea de que la revelación de las vías autóctonas de desarrollo del conocimiento científico y el aporte de cada pueblo en este proceso requiere conocer la historia mundial de la ciencia y la técnica. Es necesario que el historiador tenga conocimientos de la ciencia y la técnica occidentales y orientales, y asimile toda la variedad de sus monumentos. Rainov, quien dominaba los idiomas eslavos, clásicos, orientales y los occidentales modernos, acudía a las fuentes que perpetraron los vínculos de Rus con otros países. Esos vínculos abarcaban no solamente las ideas acerca de la naturaleza, el organismo del hombre y el Universo en general. Incluían un caudal de valores de la cultura, materiales y espirituales. La ciencia en la conciencia de Rainov intervenía invariablemente como parte integrante de un sistema histórico-cultural íntegro. Al superar, bajo la influencia de la filosofía marxista, sus conceptos idealistas iniciales, el científico partía de que era imposible explicar la actividad científica sin trascender sus límites, recurriendo a la labor del hombre en otras esferas y, ante todo, en la de la "vida económica", la técnica y la producción material. El historiador de la ciencia que quiera descubrir, comprender y explicar los hechos que influyen en la evolución de la ciencia y la técnica, no podrá hacer nada si no conoce y no comprende la historia económica, civil y política, si no recurre a la historia de la filosofía

y del pensamiento social. La obra de Rainov testimonia sus vastos conocimientos en historia de la técnica, de la cultura, de la filosofía y de las relaciones sociales, hecho que le permitió poner en práctica su interpretación inicial de la ciencia como fenómeno de la cultura. Estando condicionada en su desarrollo por procesos sociales, la ciencia se diferencia de los demás fenómenos sociales por un conjunto de rasgos propios, inherentes exclusivamente a ella. Por esta razón, entre las exigencias que se le plantean al historiador de la ciencia, es necesario destacar la capacidad de aprovechar y crear métodos para su estudio, como sistema dinámico específico que posee una autonomía relativa. Hemos visto, pues, que Rainov fue autor de métodos originales que permitieron desentrañar las fluctuaciones de la productividad creadora; de un tipo de científico de vasta erudición, etc., además, trató de incluir el número y la medida en el análisis de los fenómenos histórico-científicos.

La aplicación de los métodos estadísticos para estudiar la naturaleza de la ciencia suponía enfocarla como proceso y producto de una obra creadora colectiva. Al mantener tal punto de vista, Rainov promovió el concepto de organización social de la ciencia, superando así el intelectualismo estrecho, propio de las concepciones que reducen la historia de la ciencia al proceso de filiación de ideas. En Rainov vemos al investigador de la ciencia en su integridad, y no de sus materias específicas (física, biología, etc.). Su capacidad para ver en la historia general de las ciencias naturales las manifestaciones concretas de la creación científica, en un período dado y en un pueblo determinado, comunicó profundidad y carácter integrativo a sus investigaciones.

---

[1] T.I.Rainov, además de ser historiador del pensamiento científico, era uno de los más grandes bibliógrafos, organizador y dirigente del servicio informativo en ciencias sociales de la Academia Comunista y de la Academia de Ciencias de la URSS.

2 El fondo personal de T.I.Rainov (f.441) en el Departamento de Manuscritos de la Biblioteca V.I.Lenin de Moscú contiene aproximadamente 1.300 pliegos. Junto con notas, planes de obras no escritas, recapitulaciones de conferencias, etc. contiene también los manuscritos de vastas monografías: *Vida y obra de D.Ovsiánniko-Kulikovski* (1923), sobre al-Farabi (década del 50), artículos e informes sobre K.Timiriázev, V.Belinski, V.Korolenko; artículos: "Práctica en la teoría" (años 20), "A.Pushkin y los problemas de la obra científica" (1947), "Obra creadora y reflejo", "La fisiología y el fisiologismo en la teoría de la creación" (años 20), "Ensayos de historia de la filosofía rusa en los años 50-60 (siglo XIX)" (1919-1921), "Problemas colectivistas en la ciencia rusa de los años 50-80 del siglo XIX", "Imagen del científico de los siglos XVI-XVII" (años 30); un vasto manuscrito *Materiales para la historia de la Academia de Ciencias y las revistas científicas de la Academia de Ciencias*, etc. (todos en ruso).

3 T.I.Rainov. *Teoría de la creación*, Járkov, 1914, pág. 103 (en ruso).

4 Ibid., pág. 91.

5 Ibid., pág. 92.

6 Ibid., pág. 88.

7 Ibid., pág. 87.

8 Ibid., pág. 102.

9 Ibid., pág. 70.

10 Departamento de manuscritos de la Biblioteca V.I.Lenin, f. 411, carton I, unidad de depósito 19 (en ruso).

11 T.I.Rainov. *Alexandr Afanásievich Potebnia*, Petrogrado, 1924, pág. 110 (en ruso).

[12] T.I.Rainov. "Alienación de la acción (ensayo sociológico)", *Vestnik Kommunisticheskoi Akademii*, 1925, libro 13, págs. 128-165; libro 14, págs. 77-111; libro 15, págs. 60-84.

[13] Ibid., libro 14, pág. 90.

[14] Ibid., libro 14, pág. 97.

[15] T.I.Reinoff. "Wave-line fluctuations of creative productivity in the development of West-European physics in the XVIII and XIX centuries", *Isis*, 1929, v. 12, N.38, (en ruso se publicó por primera vez en la revista *Voprosi istorii estestvoznania i téjniki*, 1983, N.2, págs. 63-80).

[16] T.I.Rainov. "Acerca del tipo de científico de vasta erudición", *La reconstrucción socialista y la ciencia*, 1934, fasc. 10, págs. 101-127 (en ruso).

[17] T.I.Rainov. Breve resumen de las obras de T.Rainov sobre la historia de las ideas (manuscrito), Departamento de manuscritos de la Biblioteca V.I.Lenin de Moscú, f. 441, carton 1, unidad de depósito 18 (en ruso).

[18] V.I.Vernadski. *Obras escogidas sobre historia de la ciencia*, Moscú, 1981 (en ruso).

[19] T.I.Rainov. "Expansión capitalista y transplante de la ciencia", *Front nauki y téjniki*, 1935, N.4, págs. 31-50.

[20] T.I.Rainov. "Acerca del tipo de científico de vasta erudición", *La reconstrucción socialista y la ciencia*, 1934, fasc. 10, pág. 110 (en ruso).

[21] Ibid., pág. 114.

[22] Ibid., pág. 117.

[23] Ibid., pág. 119.

24 Ibid., pág. 115.

25 Ibid., pág. 123.

26 T.I.Rainov. *La ciencia en la Rusia de los siglos XI-XVII*, Moscú-Leningrado, 1940, pág. 508 (en ruso).

27 T.I.Rainov. "La teoría y la práctica en la obra de M.V.Lomonósov", *La reconstrucción socialista y la ciencia*, 1936, fasc. 9, págs. 9-21; "Investigadores rusos en ciencias naturales y Lomonósov", *Lomonósov*, t. I, Moscú-Leningrado, 1940,págs.318-388 (en ruso).

28 T.I.Rainov. "Los académicos rusos de la segunda mitad del siglo XVIII y Buffon", *Véstnik Akademii Nauk SSSR*, 1939, N.10, págs. 126-147.

29 T.I.Rainov. "Daniel Bernoulli y su labor en la Academia de Ciencias de Petersburgo", *Véstnik Akademii Nauk SSSR*, 1938, NN.7-8, págs. 84-93.

30 T.I.Rainov. "Ch.Darwin, miembro correspondiente de la Academia de Ciencias (de los materiales del Archivo de la AC de la URSS)", *Vestnik Akademii Nauk SSSR*, 1939, N.10, págs. 118-125.

31 T.I.Rainov. "Newton y los investigadores rusos en ciencias naturales", *Isaak Newton*, Moscú-Leningrado, 1943, págs. 329-344 (en ruso).

32 T.I.Rainov. "Historia de la ciencia en las obras de George Sarton", *La reconstrucción socialista y la ciencia*, 1932, fasc. 9-10, págs. 138-148 (en ruso).

33 Ibid., pág. 139.

34 Ibid., pág. 140.

35 Ibídem.

36 Ibid., pág. 141.

37 Ibid., pág. 140.

38 Ibídem.

39 T.I.Rainov. "Tres efemérides (Lagrange, Watt, Ampère)", *La reconstrucción socialista y la ciencia*, 1936, fasc. 8, págs. 66-79 (en ruso).

40 T.I.Rainov. "La ciencia en Uzbekistán al servicio de la construcción socialista", *25 años de ciencia soviética en Uzbekistán (1917-1942)*, Tashkent, 1942, págs. 24-56; del mismo autor. *Los grandes científicos de Uzbekistán (siglos IX-XI)*, Tashkent, 1943, 68 págs.; del mismo autor. "Al-Biruni, gran científico de Asia Central", *Izvestia AN SSSR*, serie de literatura y lenguas, 1949, t. VIII, fasc. 2, págs, 101-116 (en ruso).

41 T.I.Rainov. "Robert Hooke y su tratado sobre el método experimental", *La herencia científica*, t. I, Moscú, 1948, págs. 655-686 (en ruso).

LA MECANICA Y SU APLICACION PRACTICA

Alexandr Ishlinski,
miembro efectivo
de la AC de la URSS

La mecánica ocupa uno de los sitiales centrales entre las ciencias que directamente aseguran la aceleración del progreso científico-técnico. A ella corresponde el papel rector en el desarrollo de la base científica de la ingeniería mediante la utilización del arsenal de métodos de la investigación física, el análisis matemático y la técnica de computación. Los logros de la técnica espacial, la aviación, la hidrotecnia, la fabricación de maquinaria y aparatos, la industria de la construcción y la construcción naval descansan en la profunda comprensión de las leyes de la mecánica y el cálculo, basado, a su vez, en los datos experimentales y las investigaciones teóricas.

Nacida de los conocimientos atesorados en el proceso de creación de los instrumentos de trabajo y de las máquinas y considerada en la antigüedad como ciencia de las máquinas, la mecánica se ha desarrollado siempre bajo la influencia de las necesidades prácticas de la sociedad relacionadas con la producción, la técnica y el estudio del movimiento de los cuerpos celestes (a la sazón necesario ante todo para la navegación).

El desarrollo de la mecánica se verificaba en relación estrecha con el desarrollo de los métodos matemáticos. La aparición y el perfeccionamiento de los propios métodos matemáticos condujo a la posibilidad de plantear y solucionar problemas mecánicos más complejos. A su vez, los problemas de la mecánica estimulaban el desarrollo intenso de los métodos matemáticos. El propio surgimiento de la mecánica en su forma moderna fue el resultado de un salto cualitativo simultáneo en dos ámbitos: el movimiento de los cuerpos, cuyas características fueron formuladas en conceptos matemáticos, y la creación del cálculo diferencial y el integral, con cuya ayuda fue posible expresar las leyes del movimiento y del equilibrio de los cuerpos

sólidos, líquidos y gaseosos, que constituyeron la base de la mecánica.

Los avances de la mecánica, que explicaba sobre una base única la gran mayoría de los fenómenos de la naturaleza y de la técnica -desde el movimiento de la Tierra, de la Luna y de otros cuerpos celestes hasta el funcionamiento de las máquinas y los mecanismos- eran tan espectaculares que durante largo tiempo se trató de reducir a los mecánicos todos los fenómenos del mundo circundante. Solo a fines del siglo XIX y comienzos del XX, con el desarrollo de los conocimientos sobre electromagnetismo y los fenómenos atómicos y nucleares, con la aparición de la teoría cuántica y de la teoría de la relatividad, se hizo evidente la esterilidad de tales intentos.

No está de más destacar que las llamadas leyes de conservación, consideradas en la física moderna como inconmovibles, constituyen una generalización de las conocidas leyes de la mecánica clásica sobre el cambio en la cantidad de movimiento (impulso) y en el momento de la cantidad de movimiento (momento cinético), así como del teorema de las fuerzas vivas (sobre la energía cinética). Se requirió introducir una serie de nuevos conceptos: el espín, el impulso del campo, la equivalencia energía-masa.

Ya desde comienzos del siglo XIX, la mecánica pasa a ser el fundamento teórico de un siempre creciente número de disciplinas teóricas aplicadas, vinculadas directamente con el fomento de la industria y el diseño de nuevos procesos tecnológicos, máquinas e instalaciones industriales.
e instalaciones industriales.

Un impulso perceptible al desarrollo de la mecánica fue dado por el desarrollo del transporte ferroviario, la industria automotora y, sobre todo, de la aviación.

La mecánica es la rama más antigua de la física. En su historia multisecular más de una vez ha surgido la opinión de que el desarrollo de la mecánica, en tanto que ciencia fundamental, ha de detenerse. Ultimamente los brillantes éxitos de la técnica de cómputo en buena medida han contribuido a ello. Ha comenzado a parecer que ya que las ecuaciones fundamentales de la mecánica han sido establecidas, cualquier problema concreto puede resolverse con la ayuda de computadoras rápidas.

Sin embargo, la práctica ha refutado tajantemente tal opinión. La técnica y las ciencias naturales modernas plantean a la mecánica nuevos problemas, relacionados con el descubrimiento de fenómenos antes desconocidos. Su dilucidación reclama en lo fundamental el desarrollo de la propia mecánica, así como de las ramas de la física, la química, la biología, afines a la misma y de otras disciplinas científicas. Al mismo tiempo, la aparición de modernos medios de computación ha ampliado las posibilidades de los investigadores, les ha permitido superar una serie de dificultades técnicas y trasladar el centro de gravedad al problema principal: el de destacar los rasgos sustanciales de los fenómenos o procesos en estudio, presentarlos en forma de esquema (modelo) simple, que se preste al cálculo cuantitativo y al análisis cualitativo.

En la primera mitad del siglo XX se obtuvieron importantes resultados en los campos actuales de la técnica y las ciencias naturales basados en los elevados logros científicos de la mecánica. Entre ellos se pueden mencionar los éxitos obtenidos en el dominio de la aerodinámica y los problemas prácticos de la aviación, la teoría de la elasticidad, la teoría de la plasticidad y la resistencia de máquinas, edificaciones y cimientos, la mecánica general, la teoría de los giroscopios, la estabilidad del movimiento y la solución de los problemas prácticos de la regulación automática, la navegación y la construcción de aparatos. Se asentaron sobre base científica los problemas relacionados con el cambio de clima y el pronóstico del tiempo. Se elaboraron los fundamentos de la mecánica de las explotaciones petroleras, que permitieron la explotación racional de los yacimientos petrolíferos y gasíferos y el transporte de los productos derivados del petróleo.

A la vez, a comienzos de nuestro siglo surgieron y al presente han adquirido un amplio desarrollo las vertientes que establecen un estrecho vínculo entre la mecánica y otras ramas de la física. Debido a ello se dedica mucha atención a la solución de los problemas relacionados con los fenómenos de combustión, las ondas de choque, la explosión, los aspectos físicos de la deformación y la resistencia de los cuerpos sólidos.

Una parte considerable de dichos logros se debe a

las investigaciones llevadas a cabo en la URSS. El desarrollo de la industria, en particular de la energética, la mecanización y la bonificación de la agricultura y la extracción de minerales en gran medida se ha asentado sobre los logros de la mecánica nacional. A su vez, a la mecánica se le han planteado problemas prácticos cada vez más nuevos, que han acelerado sensiblemente su progreso.

Enormes éxitos se han alcanzado en el dominio del espacio. En la realización de este eviterno sueño de la humanidad ha desempeñado y continúa desempeñando un gran papel la mecánica. Tampoco puede dejar de destacarse el considerable papel de la mecánica en la solución de los problemas prácticos del domino de la energía atómica con fines pacíficos y la creación de bloques de computadoras electrónicas. Al hundir sus raíces en la física, al cooperar cada vez más estrechamente con otras secciones de la misma y al aplicar los métodos matemáticos, así como los resultados de la investigación de los fenómenos relacionados con la atmósfera, el océano, la corteza terrestre y los objetos espaciales, la mecánica se ha constituido en un poderoso instrumento del progreso técnico general.

Dos son los factores fundamentales que han ejercido un influjo revolucionario en la ampliación de las posibilidades de la mecánica moderna. En primer lugar, el inmenso progreso en la técnica del experimento. Han llegado a la mecánica los finos métodos de medición ópticos, espectrométricos, radiométricos, electromagnéticos, ultrasónicos y nucleares; el amplio empleo de los lásers produjo una verdadera revolución en las mediciones. Con la ayuda de todos estos métodos se ha hecho posible investigar no solo el fenómeno en su conjunto, sino también determinar sus procesos intrínsecos de fondo y establecer las relaciones de los fenómenos mecánicos con la estructura de los materiales. En segundo lugar, el salto dado en el desarrollo de la técnica de cómputo.

En la actualidad ha cambiado radicalmente el concepto sobre el grado de accesibilidad de la solución de los problemas matemáticos en la mecánica. Se ha hecho posible reproducir matemáticamente ámbitos enteros de fenómenos mecánicos en la naturaleza con la ayuda de modernas computadoras: el movimiento de líquidos y gases li-

mitados por paredes de forma complicada y acompañados por el surgimiento de ondas de choque; la deformación y destrucción de los cuerpos sólidos de la más variada forma, desde envolturas macizas hasta finas, tanto con carga lenta como con impacto; el movimiento de objetos espaciales, naturales y artificiales, incluyendo el mando de estos últimos, y muchos otros fenómenos.

Promisorias perspectivas abren ante la mecánica los sistemas que unen la moderna técnica experimental con la de cómputo, utilizada para controlar el experimento y procesar los datos obtenidos.

Para la técnica y las ciencias naturales modernas tiene primordial importancia el estudio de los fenómenos que se producen en condiciones rigurosas de altas velocidades y de temperaturas superaltas o sumamente bajas, de los fenómenos en que el equilibrio mecánico y el movimiento dependen sustancialmente de las radiaciones electromagnéticas, de los procesos atómicos y nucleares y de las reacciones químicas, que a su vez modifican las condiciones de su desarrollo. Un ejemplo gráfico en este sentido son los problemas de la mecánica relacionados con el plasma. El conocimiento de las leyes del movimiento del plasma tiene gran importancia para la energética y la técnica espacial. Al realizar reacciones termonucleares, se crean cordones de plasma, si bien inestables, en campos magnéticos fuertes. Sin embargo, se puede prolongar su vida en forma considerable, si se crea un campo magnético con la necesaria configuración. El cálculo de tales campos y el movimiento del plasma en ellos constituyen el contenido actual de la mecánica moderna. Es curioso que en una serie de casos el plasma se ha de considerar como si estuviera compuesto de dos líquidos interactuantes: el electrónico y el iónico.

También está estrechamente relacionado con el plasma el estudio de los procesos tecnológicos realizados con la ayuda del haz de láser: el corte, la soldadura y el tratamiento térmico de los metales, estudio que guarda directa relación con la mecánica. Al mismo tiempo, la técnica moderna de creación de potentes láseres a gas requiere investigaciones gasodinámicas.

Es muy eficaz el plasma esterial, que se forma en un gas inerte al enfocarse la radiación del láser de funcionamiento continuo. Surge un peculiar relampago en

bola en miniatura, cuya deslumbrante luminiscencia es mantenida durante el máximo de tiempo por la energía del haz. El fenómeno, que indudablemente se aprovechará con fines prácticos,es análogo a la combustión y en rigor se investiga con las mismas ecuaciones. El plasma que se forma durante la combustión, a su vez, se utiliza para crear nuevos tipos de potentes láseres.

Ha nacido ya una nueva vertiente de la técnica: la plasmoquímica, dedicada a la formación de productos químicos a temperaturas superaltas. También en ello un gran papel en la solución de los problemas tecnológicos le corresponde a la mecánica.

La combustión se vincula a la sección de la mecánica llamada aerotermoquímica. Aparte de la energética, la combustión puede ser utilizada para obtener nuevos tipos de compuestos químicos y llevar a cabo nuevos procesos tecnológicos. Para resolver los problemas prácticos relacionados con la combustión, se ha de realizar aún muchas investigaciones, teóricas y experimentales. Un papel nada desdeñable desempeñan en ello los problemas concernientes a la estabilidad de la llama.

Nueva vida han cobrado las secciones de la mecánica que se han ido estudiando a lo largo de muchas décadas: la teoría de las máquinas y mecanismos, la teoría de los sistemas de navegación, ante todo de los giroscopios, etc.

La solución de los problemas del análisis y la síntesis de los mecanismos planos y espaciales -problemas de utilidad práctica- está por culminar. A estas alturas se van constituyendo en vertientes fundamentales de la teoría de las máquinas las investigaciones sobre mecánica de los robots, manipuladores y máquinas andantes gobernados por ordenadores electrónicos.

Ultimamente se dedica mucha atención a la vibroacústica: el análisis del ruido y de las vibraciones de las máquinas. La solución de este problema es necesaria no solo para combatir los ruidos, sino también para diagnosticar desperfectos y evaluar el estado interno de las máquinas.

Las vibraciones creadas expresamente han encontrado empleo en una serie de procesos tecnológicos, como por ejemplo, al hundir pilotes en el suelo y transportar objetos, en particular, hacia arriba por un plano inclinado durante su vibración progresiva.

El estudio del rozamiento y el desgaste de las superficies de las piezas articuladas de las máquinas ha conducido a la necesidad de tomar en consideración las propiedades mecánicas, químicas e incluso eléctricas del engrase y de los materiales con los que se fabrican las espigas y los cojinetes. El enfoque mecánico-molecular del fenómeno de rozamiento ha permitido en una serie de casos crear materiales con características prefijadas, por ejemplo, materiales para frenos, que conservan sus propiedades al calentarse fuertemente, y materiales autolubricantes, que trabajan incluso en alto vacío (cósmico). La modificación físico-química de las superficies rozantes y de las sustancias lubricantes ha permitido desarrollar nuevos procedimientos (traslado selectivo, tribopolimerización), que reducen sensiblemente el rozamiento y elevan la resistencia al desgaste de los pares rozantes. De este modo resulta posible mejorar sustancialmente la calidad y prolongar la durabilidad de las máquinas, lo que es muy importante para la economía nacional.

Los inmensamente mayores requisitos de la precisión y la fiabilidad de los sistemas de navegación utilizados en la aviación, la marina y los vehículos espaciales han planteado a los investigadores multitud de nuevos problemas relacionados con la hidro y la electrodinámica, la electrostática, la técnica de bajas temperaturas y la física nuclear. Ahí se verifica la interacción con otros ámbitos de la física incluso en una sección clásica de la mecánica como es la teoría de los giroscopios. Los vuelos de las estaciones automáticas a la Luna con el posterior regreso a la Tierra son un testimonio espectacular de la perfección de los sistemas de navegación soviéticos.

Para diseñar modernos dispositivos e instrumentos giroscópicos se requiere tomar muy en cuenta las circunstancias de naturaleza mecánica. En primer término, ello se refiere a la brújula giroscópica espacial, el giroazimut, los indicadores giroscópicos del horizonte para barcos y aviones y los estabilizadores giroscópicos. Cabe mencionar las plataformas giroestabilizadas, los integradores giroscópicos de aceleraciones aparentes y los girotacómetros, utilizados en cohetes y naves espaciales, así como el giroscopio grande, por medio del

cual se estabilizan en la órbita los satélites meteorológicos y de radiocomunicaciones. Advertiremos que la comprensión de la mecánica del comportamiento de la Luna, constantemente vuelta hacia nosotros con una faz, ha conducido a la realización práctica de la llamada estabilización pasiva, o gravitacional, del satélite sin giroscopios.

La mecánica del cuerpo sólido girando suspendido de una cuerda, en particular, con carga líquida, ha encontrado ya aplicación práctica en el diseño de nuevas estructuras de centrífugas. Mediante la suspensión de una cuerda también es posible efectuar un equilibrado y eficaz de los rotores de turbinas de alta velocidad y de otras máquinas.

Las secciones tradicionales de la mecánica -la teoría de las oscilaciones y la teoría de la estabilidad- han incorporado en la época soviética una serie de nuevas investigaciones fundamentales. Surgió la teoría de las oscilaciones no lineales con su amplia aplicación para el estudio de los procesos de vibraciones espaciales de los sólidos, los líquidos con partículas en suspensión, la autosincronización de los rotores de electromotores dispuestos en un cimiento común, el movimiento intermitente, discontinuo de deslizamiento de los cuerpos (un cuerpo se desliza por la superficie de otro), las fluctuaciones del agua en los tanques de compensación de las centrales hidroeléctricas, así como para el estudio de un amplio abanico de problemas de la radiotécnica, la regulación de procesos tecnológicos y la teoría de la resonancia paramétrica.

En muchos casos ha resultado eficaz el empleo del enfoque estadístico para estudiar el influjo de las fuerzas aleatorias sobre los sistemas oscilantes.

La teoría de la estabilidad ha resultado de utilidad para resolver muchos problemas de la técnica, incluyendo el de garantizar la estabilidad del movimiento de los barcos, automotores, aviones, cohetes, así como de los servosistemas, dispositivos giroscópicos y los procesos que trascurren en reactores químicos. La inestabilidad no siempre es un estorbo. Por el contrario, es necesaria para excitar las llamadas autooscilaciones, producidas con una amplitud invariable por una fuente de energía exterior. En otros casos, como, por ejemplo, en el control inercial de los cohetes balísticos, la

inestabilidad sencillamente no tiene tiempo para desarrollarse debido a la corta duración del funcionamiento de los motores en el llamado tramo activo de vuelo del cohete.

Las causas y las regularidades del surgimiento y el desarrollo de la inestabilidad del flujo líquido (con una velocidad lo suficientemente grande del mismo, mejor dicho, con un valor lo suficientemente grande de cierto parámetro adimensional: el número de Reynolds), y en particular el problema del surgimiento de la turbulencia, hasta la fecha no se han solucionado aún en forma definitiva, a pesar de su excepcional importancia para muchas vertientes de la física y la técnica. No obstante, se han llevado a cabo importantes estudios del movimiento turbulento tanto con empleo de métodos de semejanza y de métodos estadísticos profundos, como sobre la base de la resolución numérica de las ecuaciones no estacionarias generales del flujo de líquido viscoso. Los resultados de númerosas investigaciones experimentales y los métodos semiempíricos de cálculo de flujos turbulentos contribuyen a la determinación práctica del valor de rozamiento turbulento durante el movimiento de los cuerpos en un líquido o de los fluidos en tubos.

El carácter enigmático de un fenómeno como la turbulencia se ha acusado aún más por haberse descubierto el efecto de reducción múltiple de la resistencia del líquido al movimiento en las tuberías y al movimiento de los cuerpos en el propio líquido en turbulencia al disolverse en el líquido algunos compuestos de alto peso molecular en dosis reducidas (hasta fracciones millonésimas del peso del líquido). Este asombroso fenómeno se está utilizando ya con buen éxito en la técnica.

Un ámbito significativo de la mecánica constituye el estudio de los flujos de los llamados medios dispersantes y heterogéneos: suspensiones de partículas sólidas en fluidos, suspensiones, aerosoles, emulsiones y mezclas de fluidos, siendo de notar que en muchos casos se producen reacciones químicas y procesos de ebullición y evaporación, por lo que el saber calcular semejantes fenómenos es una condición imprescindible para resolver muchos problemas de la industria química, la energética térmica y nuclear, los problemas de purifi-

car el aire de las impurezas nocivas y el agua, del petróleo derramado por ella. Cabe destacar la utilidad práctica de tener en cuenta los fenómenos mecánicos en los procesos de floculación y flotación en la extracción y transformación (enriquecimiento) de minerales, así como de investigar la mecánica de suspensiones concentradas de partículas pequeñas tipo soluciones arcillosas, aplicadas en los procesos de perforación.

Para la producción química también tienen importancia sustancial los resultados del estudio sobre mecánica de la capa pseudofluidificada, que se forma al pasar un gas a través de la capa de partículas sólidas del catalizador. Las reacciones químicas transcurren de manera incomparablemente más enérgica si dicha capa se hincha por soplado desde abajo, siendo de destacar que todas las partículas del catalizador resultan suspendidas y se ponen en un movimiento de carácter turbulento.Sin embargo, en la práctica ello dista de realizarse siempre. A través de la capa pueden pasar burbujas de gas, y con un soplado reducido la pseudofluidificación no abarca todo el volumen del catalizador.

El conocimiento de las propiedades mecánicas de los llamados líquidos anómalos -las disoluciones y los fundidos- es importante para organizar una serie de procesos de la tecnología química, en particular, de la producción de fibras y películas poliméricas, necesarias para la economía nacional. Tales líquidos, a la par con la fluidez y la viscosidad, poseen también propiedades de elasticidad, lo que en una serie de casos complica el cálculo y la realización del proceso tecnológico.

No se debe desatender los resultados de los estudios sobre muchas cuestiones clásicas de la mecánica del líquido incomprensible, del líquido viscoso y del gas ideal. Sirva de ejemplo la aplicación eficaz de dichos estudios a los barcos con hidroaletas, al hidroplaneo por la superficie del agua, a los vehículos sobre cojín de aire, al movimiento de una ola solitaria y los tsunami, que llevan una gran energía destructora, a los vuelos de planeadores, aviones y helicópteros, a la aerodinámica industrial, la teoría hidrodinámica y gasodinámica de los cojinetes, a la explosión punti-

forme en un gas inorgánico y a la irrupción de los productos de una explosión fuera de los límites de la atmósfera.

Las cuestiones relativas a la mecánica de la capa límite desempeñan un papel sustancial a la hora de calcular la corriente alrededor del ala de un avión, la resistencia al movimiento de los cuerpos en el agua, en la teoría de las turbomáquinas (la corriente alrededor de las rejillas de los rotores de turbinas en las centrales hidroeléctricas y otras plantas eléctricas) y en otras cuestiones relacionadas con el movimiento del líquido, el gas y el plasma, en particular, para los generadores magnetohidrodinámicos de energía, así como para investigar algunos fenómenos geofísicos.

Siguen ofreciendo interés hasta la fecha las cuestiones referentes al flujo cavitativo del líquido y la teoría de la cumulación, sobre todo con relación a los nuevos experimentos de compresión del deuterio con vistas a provocar una reacción termonuclear.

Fenómenos mecano-químicos tienen lugar al moverse los cuerpos en el aire a gran velocidad, por ejemplo, al regresar las naves y artefactos espaciales a la Tierra. Es imposible describir el proceso de lavado, mejor dicho de soplado, del revestimiento protector de la envoltura de la nave que pasa a estado plasmático y garantizar su retorno feliz sin haber llevado a cabo complicados cálculos gasodinámicos y termodinámicos.

No menos complicados son los cálculos gasodinámicos vinculados al diseño de aviones supersónicos y de motores de cohetes. Por ahora no se ha indagado suficientemente la causa del surgimiento de considerables oscilaciones de audiofrecuencia en las toberas de los motores, que destruyen su estructura.

En la teoría hidrodinámica del pronóstico del tiempo, que ha alcanzado últimamente grandes éxitos, hay una serie de problemas mecánicos sin resolver, como por ejemplo, los relacionados con el nacimiento y la propagación de huracanes. Incluso un fenómeno tan corriente como la nube tormentosa ha sido insuficientemente estudiado, desconociéndose por ahora de qué manera se puede regular este fenómeno de la naturaleza. También hace falta enfocar como un problema mecánico la lucha contra los incendios forestales.

En la oceanología no está totalmente clara la naturaleza del nacimiento de los torbellinos, que abarcan áreas que se extienden a centenares de kilómetros y llevan la mayor parte de la energía de las corrientes en dichas áreas. La teoría de la filtración, es decir, el rezumamiento de fluidos por los poros de las capas que los encierran, subyace en los cálculos de la exportación de yacimientos petrolíferos y gasíferos. La extracción de petróleo de las capas en ocasiones se hace en menos de un tercio, e incluso la de gas no se produce por completo. Por lo tanto la elevación de la eficacia de la explotación de yacimientos requiere un mejoramiento cualitativo de las investigaciones teóricas y experimentales. Después de establecidas las ecuaciones de filtración de fluidos y solucionados los problemas de los trabajos de bonificación y construcción de centrales hidroeléctricas, se han estudiado cuestiones relativas al movimiento del contorno de la capacidad petrolífera y al desplazamiento del petróleo por el agua. La consulta de las propiedades de las capas y de los líquidos de las capas ha conducido a la necesidad de resolver nuevos problemas en la teoría del régimen elástico (habida cuenta de la compresibilidad del líquido y la deformabilidad de la capa), la teoría de la filtración del líquido gaseoso,el modelo del movimiento en capas, en los que juega un papel determinante el intercambio entre los poros y las grietas, la teoría del movimiento de los líquidos anómalos en un medio poroso. Para calcular flujos complejos del desplazamiento del petróleo por el agua, se han elaborado y se emplean exitosamente métodos numéricos utilizando ordenadores electrónicos.

La ejecución de obras industriales, energéticas y de transporte, de complejos polideportivos y de edificios de muchos pisos exige de la mecánica elaborar métodos eficaces de cálculo de la resistencia y la estabilidad de distintas estructuras de construcción: sistemas de vástagos, placas y envolturas, cimientos, presas y muros de retención, cascos de barcos, aviones, cohetes y torres de televisión.

Particularmente complicado ha resultado ser el estudio del estado de tensión de la envoltura: de un cuerpo que tiene la forma de una hoja encorvada, un tanque o una cúpula. No pocas dificultades matemáticas ha ha-

bido que vencer para calcular losas cargadas, en particular, por las fuerzas que pasan en su plano medio (problema plano de la teoría de la elasticidad), para determinar las direcciones en el lugar de contacto de dos cuerpos, por ejemplo, de la rueda y el carril (problema de contacto de la teoría de la elasticidad) y para calcular los cimientos asentados en suelos de distinta propiedad: rocoso, coherente y movedizo.

Las cargas límite sobre el suelo arenoso, ante cuyo exceso el suelo comienza a extrusionarse del cimiento, se determinan por los métodos de la mecánica de los áridos. Lo mismo se refiere a la solución de los problemas prácticos de establecer la presión límite del medio movedizo sobre el muro de retención y las formas del talud no derrumbable.

Los elementos comprimidos de la estructura -vástagos, placas y envolturas- pueden, al ser cargados (inclusive por el propio peso de la obra), perder la estabilidad y abultarse hacia un lado, lo que, por lo general, termina por destruir la estructura en su conjunto. Por lo tanto, además del cálculo de la resistencia de tales elementos, se ha de llevar a cabo una prueba de la reserva de estabilidad de la estructura de acuerdo con los postulados de la teoría de la estabilidad de los sistemas elásticos. Es curioso que, al ser cargados repentinamente, los elementos de una estructura pueden, durante un corto tiempo, resistir esfuerzos considerablemente superiores a los críticos, correspondientes a la pérdida de estabilidad al ser cargados lentamente. Una envoltura cilíndrica hueca de acero, después del impacto de una explosión submarina lo suficientemente fuerte, se hace, por ejemplo, ondulada y no achatada.

Si en una estructura influyen cargas periódicas, con los métodos de la teoría de las oscilaciones se determina el espectro de frecuencias de sus vibraciones elásticas; si es necesario, se puede evitar una resonancia destructora variando consecutivamente los parámetros. En una serie de casos, la edificación ha de resistir cargas que surgen durante terremotos, fuertes huracanes y detonaciones. Los cálculos correspondientes son de suma importancia. Exigen llevar a cabo preliminarmente grandes investigaciones teóricas y el análisis de las observaciones al aire libre y en ocasiones incluso un experimento montado expresamente.

En algunos casos, el flujo de aire, al circular alrededor de una u otra estructura, la balancea, surgiendo el fenómeno de flameo. El flameo está bastante bien estudiado y ahora se puede evitar. En el pasado era la causa de numerosos accidentes aéreos por rotura de las alas, así como de la destrucción de puentes suspendidos.

La mecánica de la distribución de las ondas en los medios encuentra una amplia aplicación práctica en la sismología. El análisis del paso de las ondas, producidas, por ejemplo, por una explosión, permite en algunos casos llevar a cabo la prospección geológica, en particular, de minerales. Continúan los intentos para solucionar con los medios de la mecánica el importantísimo problema del pronóstico de los terremotos.

Con vistas a reducir el peso de las estructuras y economizar metal, en las obras modernas se admiten tensiones que superan el límite de elasticidad del material, a raíz de lo cual surgen en éste deformaciones plásticas. A menudo el cálculo de la resistencia se efectúa según la llamada capacidad portante de la estructura, la cual, al ser cargada aún más, parece convertirse en mecanismo y se destruye.

Las leyes de la deformación plástica de los materiales -de la teoría de la plasticidad- son más complicadas que las de la teoría de la elasticidad, según las cuales los cuerpos elásticos se deforman y recuperan su forma original después de suprimidas las cargas que han actuado sobre ellos. En los cuerpos elástico-plásticos pueden surgir tensiones indeseables, las llamadas residuales.

La deformación plástica de los cuerpos depende, en particular, del orden en que las fuerzas se aplican al cuerpo. En una serie de casos, sobre todo a altas temperaturas, crece lentamente (fenómeno de escurrimiento). Sustancial importancia tiene el cálculo del escurrimiento (es decir, la determinación de la deformación irreversible en función del tiempo) de los aparatos de la industria química y de otros equipos de la industria de construcción de maquinaria que trabajan a altas temperaturas, como, por ejemplo, las paletas de las turbinas de gas y las toberas de los motores de cohetes. Las propiedades de escurrimiento se manifiestan en el hormigón y en otros materiales de construcción.

La deformación plástica acompaña muchos procesos tecnológicos: la forja, el estampado, el estirado, el labrado de metales mediante el corte. A ello se debe el que la creación de distintas variantes de la teoría de la plasticidad, así como de la teoría del escurrimiento, según casos concretos de deformación de elementos de estructuras, de piezas de máquinas y materiales que participan en unos u otros procesos tecnológicos, continúa hasta la fecha.

Continúan realizando investigaciones sobre mecánica de los cuerpos plástico-viscosos y elástico-viscosos: medios con distribución estática de las grietas e inclusiones extrañas de gran rigidez y cuerpos cuyas propiedades mecánicas se modifican con el tiempo (proceso de envejecimiento).

La técnica moderna, con sus característicos regímenes de funcionamiento altamente intensivos, máximos, complicados por el influjo de medios y radiaciones químicamente activos, presenta a los materiales requisitos excepcionalmente particulares, a menudo contradictorios. Los más importantes entre ellos son los que atañen a las propiedades mecánicas de los materiales que se usan para fabricar máquinas, obras, aparatos e instrumentos de funcionamiento fiable. Ultimamente se dedica mucha atención al problema de la destrucción de los materiales y la prevención de inesperadas destrucciones catastróficas producidas por grietas. La agudeza de este problema se agrava por la necesidad de utilizar en las estructuras materiales livianos y al mismo tiempo sólidos. Pero precisamente los materiales altamente resistentes están sujetos a destrucción de este tipo, por lo que el problema reside en hallar las vías para elevar su "resistencia al agrietamiento".

A su vez, la solución de este problema reclama crear fundamentos racionales para regular la estructura de los materiales,lo que también es un problema de la mecánica, pero relativo ya al "diseño" de los propios materiales. Aquí la mecánica se entronca estrechamente con la física de los sólidos y la química. Las reacciones químicas con el medio que rodea el material, las que se verifican en este material, pueden ejercer un fuerte influjo sobre las propiedades mecánicas. Además, la acción simultánea de tales reacciones químicas y cargas mecánicas pueden conducir a una rápida

destrucción, la cual no se produce si cada uno de dichos factores actúa por separado con la misma intensidad. Estos problemas no constituyen sino una pequeña parte de la mecánica de los materiales, que se desarrolla impetuosamente y subyace en la creación de nuevos materiales, entre ellos de los materiales que poseen propiedades verdaderamente singulares: los compuestos.

Dentro de los problemas fundamentales figura el estudio de la interrelación entre la deformación y la destrucción de los materiales, de una parte, y su estructura y los defectos de la misma, tanto iniciales, surgidos en el proceso de fabricación, como los aparecidos y desarrollados en el proceso de carga, de la otra. La creación de la teoría de los procesos complejos de deformación y destrucción de los materiales sobre esta base es un problema importantísimo de la mecánica moderna.

A este abanico de problemas está estrechamente ligado el problema de la deformación y la resistencia de las rocas, importante para proyectar racionalmente obras hidrotécnicas y explotar yacimientos de minerales (ante todo, de hulla y menas).

Cabe destacar el aún insuficientemente investigado problema de la deformación y resistencia de las rocas saturadas de fluidos. Con su solución está ligada la instrumentación de medidas encaminadas a combatir un fenómeno tan temible como son las irrupciones repentinas de hulla, roca y gas en las minas.

También es necesario decir unas cuantas palabras sobre la destrucción de los materiales a raíz de procesos que reclaman gastos mínimos. Aquí se puede mencionar los problemas de la mecánica minera, relacionados con el avance por tajos y la extracción de minerales, así como una serie de problemas de la tecnología de la industria química, alimenticia y de la agricultura.

Es preciso subrayar de manera particular el carácter integral de los problemas que afronta la mecánica de los procesos tecnológicos. Baste con mencionar la soldadura eléctrica. En este campo se requiere analizar los procesos gasodinámicos en la zona de fusión, los procesos de endurecimiento y el comportamiento mecánico del metal duro muy calentado, en el que penetran impurezas del fundido y en el que se producen transforma-

ciones de fase, que influyen en su deformabilidad y resistencia, y, por último, analizar los procesos de surgimiento de tensiones y deformaciones residuales y la posible formación de grietas.

Gran atención concita ahora la biomecánica: el estudio de la circulación de la sangre y de otros líquidos biológicos, la mecánica del músculo cardíaco, de los riñones, de los pulmones, el estudio del movimiento de los seres vivos, por ejemplo, de los peces. Aquí la mecánica se entronca con la medicina y la biología.

Por último, hay un problema general vinculado a distintas ramas de la mecánica y de su aplicación práctica. Es el problema del mando y la optimización de los sistemas y procesos, el mando eficaz del movimiento de aparatos volantes, la optimización de estructuras y obras, la elección de los regímenes óptimos de funcionamiento de máquinas y la construcción de las formas óptimas de los cuerpos en flujos de fluidos, la optimización de los procesos tecnológicos.

En el pasado, la mecánica se entendía como ciencia del movimiento, del equilibrio y del cambio de la forma geométrica de los cuerpos bajo el efecto de fuerzas y como ciencia de las propias fuerzas. El estado de agregación de los cuerpos y su composición química se consideraban invariables.

Las aplicaciones prácticas y la lógica del desarrollo de la propia ciencia hicieron que se sumara a la mecánica la termodinámica y abandonaron la misma la ciencia del movimiento de las partículas elementales y la doctrina de la naturaleza mecánica de las ondas electromagnéticas. Luego la mecánica incorporó el estudio de los procesos de fusión, solidificación, evaporación, etc., así como de los procesos relacionados con las fuerzas capilares, la difusión y las reacciones químicas, en particular, con la combustión, las explosiones y la detonación.

Los métodos de la mecánica se han hecho extensivos al movimiento en los campos magnéticos y eléctricos, y la mecánica de los materiales -en particular la ciencia de la resistencia y la destrucción- ha comenzado a ensayar fenómenos de delicada naturaleza física y química.

La mecánica moderna penetra todas las disciplinas científicas naturales y con razón puede considerarse piedra angular de la ciencia y la técnica.

INVESTIGACIONES SOVIETICAS SOBRE HISTORIA DE LA CIENCIA EN LOS PAISES DE ORIENTE

Alexandr Volodarski,
candidato a doctor en
Ciencias Físico-Matemáticas

Hace mucho que pasó a ser tradición el estudio que realizan los científicos soviéticos sobre la ciencia y la cultura de los países de Oriente. En los tres decenios últimos, el interés por la ciencia de los países orientales ha aumentado en medida considerable. Esto se debe no solo a la importancia intrínseca de los problemas descubiertos durante las investigaciones, sino también al poderoso auge político, cultural y económico que atraviesan hoy la mayoría de los Estados de Asia, hasta hace poco países atrasados. Por supuesto, también antes los estudiosos soviéticos se dedicaban a estudiar la ciencia antigua y medieval de China, India y varios países de Cercano y Medio Oriente. Pero nunca las concepciones y evaluaciones tradicionales han sido sometidas a una revisión tan radical como hoy día. Puede afirmarse con seguridad que los últimos 20 ó 30 años proporcionaron mucho más al estudio del desarrollo de la ciencia en los países de Oriente que los 100 años precedentes. Se investigaron muchas obras antes desconocidas o no examinadas; se publicaron versiones rusas de varios tratados clásicos, dotándoles, por lo común, de prefacios exhaustivos y de comentarios extensos; se escribieron las biografías de científicos; se publicaron obras generalizadoras sobre la historia de algunas disciplinas científicas.

El estudio de la ciencia antigua y medieval en los países de Oriente conlleva considerables dificultades. A diferencia de la ciencia de la Grecia Antigua o de la de la Epoca Moderna y Contemporánea, hasta la fecha permanece sin estudiar un enorme número de manuscritos depositados en bibliotecas y colecciones de muchos países de todos los continentes. Además, no

todos los manuscritos, ni mucho menos, se han descubierto, y una serie de archivos espera aún que se realice su desciframiento y descripción. Está claro que los esfuerzos de muchos investigadores soviéticos están encauzados, ante todo, a buscar y leer las fuentes originales, a publicarlas, así como a traducirlas al ruso y otros idiomas, a estudiarlas y comentarlas.

Abordaremos el resumen de las indagaciones soviéticas sobre historia de la ciencia en los países orientales, comenzando por la ciencia de la China antigua y medieval. En 1955, A.Yushkévich publicó un artículo con un breve resumen de la matemática en China hasta comienzos del siglo XIV[1]. En este artículo la matemática de la China y de la India antiguas, de los países de Cercano y Medio Oriente, como asimismo de Europa Occidental durante la Edad Media, se enfocaba como un todo único, predominando, además, los métodos algorítmicos de cómputo y algebraicos. Al mismo tiempo, se planteó la cuestión de los vínculos bilaterales, poco estudiados, entre la matemática en China y en otros países. En el artículo se resumieron muchos resultados originales de antiguos matemáticos chinos, que pudieron obtenerse tan solo como consecuencia de estudios teóricos, pero en modo alguno empíricos, como se lo considerara antes.

En 1957, fue publicada la traducción al ruso -prolijamente comentada- del antiguo libro chino *El arte de las matemáticas en nueve libros*, hecha por E.Beriózkina. Dicho tratado, escrito hace más de dos milenios, definía el desarrollo de la matemática en China por un período de casi quince siglos. Traducido por primera vez a una lengua moderna, es una de las obras que formaban parte de los *Diez tratados clásicos de matemática*, un cuerpo de trabajos de matemática, astronomía y agrimensura, compuesto en los siglos VI-VII. La traducción y los comentarios de E.Beriózkina dieron a conocer por primera vez y con detalle, no solo a los historiadores de la ciencia de la URSS, sino también de otros muchos países, la técnica de cómputo en la China antigua, la solución de sistemas de ecuaciones lineales, el uso de los números negativos, el método de extracción aproximada de la raíz cuadrada y cúbica, algunos procedimientos para resolver los problemas aritméticos y para medir las figu-

ras geométricas. Entre 1963 y 1984, Beriózkina publicó las traducciones al ruso de muchos tratados que forman los *Diez tratados clásicos de matemática*, dotándolas con comentarios. Es de particular interés el tratado de Sun Ji, en el cual se emplean sistemáticamente los quebrados decimales; la traducción de la parte conservada del comentario de Liu Hui, que contiene, además del problema para la medición de la distancia hasta objetos inaccesibles y de sus alturas, un procedimiento peculiar para el cálculo aproximado de la superficie del círculo; el tratado de Wang Xiaotong en que por primera vez en la historia de la matemática nos encontramos con la solución de una serie de problemas conducentes a las ecuaciones cúbicas o bicuadradas[2].

Varios problemas presentados por Yushkévich en su artículo de 1955, obtuvieron un desarrollo posterior en el ensayo, escrito por él junto con B.Rosenfeld y publicado en 1960, sobre la historia de la matemática en los países orientales en la Edad Media[3]. Los autores se propusieron comparar las vías de desarrollo de la matemática en China, India, los países de Cercano y Medio Oriente y de Asia Central. Fueron destacados los rasgos comunes -que prevalecían- y también las particularidades específicas propias de algunas regiones.

En 1961 se publicó la monografía fundamental de A.Yushkévich *Historia de la matemática en la Edad Media*[4], con extensos capítulos dedicados, respectivamente, a China, India, los países de Cercano y Medio Oriente y a Europa Occidental durante el medievo. Dicha monografía, traducida a muchos idiomas, definió el desarrollo de la escuela histórico-matemática soviética para un largo período. Al subrayar la afinidad sustancial de los rasgos principales de la matemática en un enorme territorio, Yushkévich demostró convincentemente la unidad de la matemática medieval por su tipo, por el objeto de indagaciones y por sus nexos internos. En el libro se dedica gran atención al análisis matemático e histórico-científico de los métodos y conceptos.

En 1967, salió a luz el libro de A.Raik *Ensayos de historia de la matemática en la Antigüedad*, que contiene un capítulo sobre China.

Las investigaciones de los historiadores soviéticos de la matemática china fueron valoradas positivamente en el extranjero: por J.Needham (Gran Bretaña),C.Boyer (EE.UU.), U.Libbrecht (Bélgica), K.Vogel (RFA), así como en la propia China.

En 1970, fue publicado el primer tomo de la historia de la matemática (en tres tomos), escrito por un grupo de autores bajo la redacción de A.Yushkévich[5].

El capítulo dedicado al desarrollo de la matemática en la China antigua y medieval fue escrito por E.Beriózkina; el autor del capítulo "India" es A.Volodarski.

En 1980 se publicó la monografía de E.Beriózkina *La matemática en la China antigua*, que en cierta medida resume las investigaciones hechas por la autora durante muchos años en esté terreno.

Hemos de esperar que se logren nuevos éxitos en el estudio de la historia de la ciencia china antigua y medieval si estudiamos más a fondo las fuentes originales e incorporamos al uso científico los textos antes no estudiados. La traducción a idiomas europeos de tratados antiguos y de fragmentos de los mismos es una condición sine qua non para que se incorporen a las investigaciones un círculo más amplio de historiadores de la ciencia. Lo mismo se refiere al estudio de la historia de la ciencia en India, los países de Cercano y Medio Oriente y de Asia Central.

Sigue siendo un problema de actualidad los nexos que existían entre la ciencia de la China antigua y la de otros pueblos. Para solucionarlo, ya no es suficiente indagar tan solo los textos científicos antiguos; es imprescindible incorporar ampliamente los datos obtenidos del estudio de la historia general de la cultura, la filosofía, la religión, la arqueología y la historia universal.

Además de las investigaciones sobre historia de la matemática, fueron publicadas también obras acerca de la historia de otras ramas de la ciencia en la China antigua y medieval. Se trata de estudios sobre la historia de la brújula, sobre los problemas relacionados con la invención de la pólvora y el arma de fuego, sobre las telas de seda chinas y los aperos de labranza, sobre los métodos de extracción de la hulla y sobre los nexos científicos ruso-chinos.

Los científicos soviéticos dedican mucha atención al estudio de la historia de la ciencia en la India antigua y medieval. En el artículo de A.Yushkévich y B.Rosenfeld y en la monografía de A.Yushkévich, antes mencionados, fueron dilucidados distintos problemas de la historia de la matemática en India. En 1966, fue publicada la traducción al ruso, realizada por O.Vólkova y A.Volodarski, de *Patiganita*, obra de Sridhara, matemático indio, que vivió en el deslinde de los siglos IX y X. Se trata de un manual de aritmética y geometría con elementos de álgebra y la teoría de los números. Es la primera traducción al ruso de una obra matemática de India[6]. En 1977, A.Volodarski publicó *Ensayos sobre historia de la matemática medieval en India*[7].

Se han publicado artículos dedicados a la ciencia de India en las siguientes recopilaciones: *La cultura de India y el budismo (1972)*, *La cultura de la India antigua (1975)*, *El sánscrito y la cultura de la India antigua (1979)*, *India antigua. Vínculos histórico-culturales (1982)*. Los artículos incluidos en éstas, tratan de la historia de la matemática, astronomía, medicina, física y geografía; varios artículos están dedicados a los nexos científicos y culturales que enlazaban la India antigua y medieval con China, Asia Central, los países de Cercano y Medio Oriente y con Babilonia. Son dignos de interés los trabajos que realizan los estudiosos soviéticos para descifrar la escritura protoindia y para definir el aporte científico hecho por los habitantes del valle del Indo.

Los artículos publicados en las recopilaciones *Estudios soviéticos sobre historia de la ciencia* (1977) y *Ciencia y técnica: humanismo y progreso* (1981) están dedicados a la ciencia en los países de Oriente. En la recopilación *Ensayos de historia de los conocimientos científico-naturales en la Antigüedad* (1982) fueron insertados artículos sobre historia de la ciencia de China, India, Sumer, Babilonia y Egipto Antiguo. Los trabajos de G.Bongard-Levin se dedican a diferentes aspectos de la ciencia en la India Antigua[8].

Se efectuaron estudios a vasta escala, referentes a la historia de la ciencia medieval de los países de Cercano y Medio Oriente, de Asia Central, Kazajstán

y Transcaucasia. A partir de 1957, en Tashkent se publican en ruso y uzbeko las obras escogidas de al-Biruni, relevante sabio de Asia Central (973-1048). Ya se han publicado seis tomos; además, vieron la luz *Cronología de las generaciones antiguas*, *India*, *Geodesia*, *Farmacognosia*, *Canon Masudicus*, *El libro de iniciación en los elementos del arte de la astrología*.

Fueron publicadas las traducciones de dos obras sobre matemática de al-Biruni -*Tratado sobre la definición de la cuerda en el círculo* y *Libro de los rasikas de India*-, así como un catálogo estelar confeccionado por él. Con motivo del 1000 aniversario del natalicio de al-Biruni, celebrado en 1973, fueron publicadas recopilaciones conmemorativas[9].

En 1973 se conmemoró también el 1100 aniversario de al-Farabi, relevante sabio enciclopedista (873-950). Con motivo de los festejos conmemorativos, que tuvieron lugar en Almá-Atá, se publicaron obras de al-Farabi, incluidos los *Tratados filosóficos* (1970), *Tratados ético-sociales* (1970), *Tratados matemáticos* (1972), *Tratados lógicos* (1975), *Comentarios al "Almagesto"* (1975) y el tratado *Sobre la razón y la ciencia* (1975). Ese mismo año en Tashkent se publicaron las *Obras* de al-Farabi, así como una recopilación conmemorativa dedicada a él[10].

En 1980 se conmemoró el 1000 aniversario de Avicena (Abu Alí Ibn Sina) (980-1037), insigne sabio y médico de fama mundial, oriundo de Asia Central. Con motivo de esta fecha conmemorativa salió a luz una nueva edición de la versión rusa de su ampliamente conocido *Canon de la medicina* y se inició la edición de sus obras escogidas. Se publicaron asimismo dos recopilaciones conmemorativas en las que se incluyeron los materiales de las sesiones científicas conmemorativas[11].

En 1983, se conmemoró ampliamente el 1200 aniversario de al-Khwarizmi, gran sabio enciclopedista de Asia Central. Se publicaron sus *Tratados matemáticos*, *Tratados astronómicos*, una recopilación conmemorativa, biografías científicas, libros dedicados al estudio de su herencia creadora; en Tashkent se publicó un número especial de la revista *Obschéstvennie naúki v Uzbekistane* (Ciencias sociales en Uzbekistán) (1983, N.7), así como las obras escogidas de al-Khwarizmi

sobre matemática, astronomía y geografía, traducidas al uzbeko[12].

Cabe señalar que en la Unión Soviética han aparecido profusas publicaciones científicas traducidas de otros idiomas; muchas obras, escritas en árabe, vieron la luz por primera vez después de tantos siglos de olvido en su traducción al ruso, o bien en su versión libre al ruso. Todo ello enriqueció considerablemente nuestros conocimientos sobre la ciencia de los países de Cercano y Medio Oriente, Asia Central, Kazajstán y Transcaucasia. Además de las obras mencionadas, nos referiremos a otros tratados científicos traducidos al ruso. En 1952 en Bakú fue publicado el *Tratado del cuadrilátero completo* de Nasireddin Tusi, sabio medieval. En 1956, en Moscú se publicaron dos obras de al-Kashi: *Clave para la aritmética* y *Tratado de la circunferencia*. En 1962 en Moscú se publicaron los *Tratados* científicos de Omar Khayyam, destacado poeta y sabio medieval. En 1964, en Tashkent vio la luz la primera edición de los *Tratados matemáticos* de al-Khwarizmi. En 1967, en Dushambé se publicaron los capítulos matemáticos del *Libro del saber*, de Avicena. En 1970, en Samarcanda se publicó el tratado astronómico de Ali Kushchi; en 1983, en Moscú la recopilación *De la historia de las ciencias físico-matemáticas en Oriente medieval*, en la cual se insertaron obras de al-Khazini, al-Biruni, Ibn al-Khusain, ash-Shirazi; en 1984 fueron editados los trabajos científicos de Thabit ben Qurra.

El total, fueron estudiadas las obras de un gran número de científicos, desde al-Khwarizmi, los hermanos Banu Musa, Abu Kamil, Ibrahim ibn Sinan, Abu-l-Wafa, al-Karaji, Ibn al-Haisam, hasta los célebres representantes de la escuela científica de Samarcanda: al-Kashi, al-Rumi, Ulugh Begh y Ali Kushchi. Renombrados historiadores de la ciencia soviéticos fueron traductores, comentaristas y compiladores de esas ediciones.

La importancia de estas publicaciones es inmensa. Cada una de ellas ha contribuido a caracterizar de un modo más pleno y preciso el desarrollo de la ciencia en la Antigüedad y el Medievo. Durante el trabajo con las fuentes originales se obtuvieron nuevos resultados más sustanciales, a veces completamente inespera-

dos, que han dilucidado aspectos muy importantes del proceso histórico-científico, sobre los cuales los investigadores ni siquiera sospechaban antes. Esas traducciones son tanto más necesarias por cuanto, gracias a ellas, un vasto círculo de investigadores tiene acceso a obras escritas en idiomas que conoce un contado número de especialistas.

El estudio de los textos originales permitió pasar a la confección de monografías generalizadoras. Una obra de extraordinario alcance en este terreno fue el libro de T.Kara-Niyázov *Escuela astronómica de Ulugh Begh* (1950; 2a.ed., 1967), en el cual se estudiaron los procedimientos de cómputo empleados al confeccionar las tablas astronómicas denominadas "tablas de Ulugh Begh". En 1961 en Bakú, G.Mamedbeilí publicó el libro *Nasireddin Tusi, fundador del observatorio de Maragha*. Aquel mismo año en Tashkent vio la luz el libro de G.Matviévskaia *Contribución a la historia de la matemática en Asia Central*, con el cual la autora, una de los relevantes historiadores soviéticos de la ciencia, inició su fructífero trabajo en este terreno, que ya dura muchos años. En 1967 apareció la monografía de la misma autora *Estudios sobre el número, realizados en Cercano y Medio Oriente durante el Medievo*; en 1971, G.Matviévskaia publicó el libro *Desarrollo de la teoría del número en Europa hasta el siglo XVII*, continuación de la monografía anterior. En 1981, conjuntamente con J.Tlláshev, G.Matviévskaia publicó el libro *Manuscritos matemáticos y astronómicos de los sabios de Asia Central (siglos X-XVIII)*. En 1983, G.Matviévskaia y B.Rosenfeld publicaron la indagación bibliográfica fundamental sobre los matemáticos y astrónomos del Medievo musulmán en tres tomos, obra que no tiene parangón en las publicaciones científicas mundiales.

En 1972, en Tashkent vio la luz el libro de P.Bulgákov *Vida y obra de al-Biruni*; en 1974, en Almá-Atá el libro *Herencia matemática de al-F[illegible]bi*, cuyo autor es A.Kubésov. En 1975 en Dushambé apareció el libro *La comunidad creadora de científicos de Asia Central en la escuela de Ulugh Begh, de Samarcanda*, de G.Sobírov; en 1976, *La mecánica en Oriente medieval*, de M.Rozhánskaia; en 1980, A.Grigorián y M.Rozhánskaia publicaron el libro *La mecánica y la astronomía en*

Oriente medieval. En 1983, B.Rosenfeld y A.Yashkévich publicaron un trabajo dedicado a la teoría de las líneas paralelas en Oriente medieval. Aquel mismo año en Tashkent salió a luz la monografía de M.Ajádova *Eximios pensadores de Asia Central y sus obras de matemática*. En 1984 se publicó el libro de I.Bashmakova y E.Slavutin, dedicado a la historia del análisis de Diofante, con un capítulo especial sobre la historia de la teoría de los números en los países de Oriente.

El material recogido permitió emprender la confección de las biografías de científicos. Aparecieron las biografías de Omar Khayyam (1965), de Avicena (1969, 1976, 1980), de al-Biruni (1973, 1978). de Aryabhata (1977), de al-Farabi (1982) y de al-Khwarizmi (1983)[13].

Además de las monografías, se publicaron también varias recopilaciones, dedicadas a distintos aspectos de la ciencia antigua y medieval de los países de Oriente, o bien editadas con motivo de fechas conmemorativas. De 1960 a 1963, fueron publicados tres fascículos de la edición *De la historia de la ciencia y la técnica en los países de Oriente*, en los cuales, en particular, fueron incluidos artículos que tratan de los vínculos científicos entre la AC de la URSS y los científicos de Japón, India, China, Turquía, Irán, Afganistán y otros países asiáticos. Las recopilaciones *Ciencias físico-matemáticas en los países de Oriente*, fueron publicadas en 1966-1969. En las últimas, en particular, se publicó un catálogo de manuscritos físico-matemáticos árabes y persas, así como un artículo que trata de la organización de la ciencia en los países de Asia y Africa.

En Tashkent se han publicado, bajo la redacción de S.Sirazhdínov, las siguientes recopilaciones dedicadas a la ciencia en los países de Cercano y Medio Oriente: *De la historia de las ciencias exactas en Cercano y Medio Oriente durante el medievo* (1972), *La matemática y la astronomía en las obras de científicos de Oriente medieval* (1977), *La matemática en Oriente medieval* (1978), *De la historia de la ciencia durante la época de Ulugh Begh* (1979), *De la historia de la matemática y la astronomía orientales en la Edad Media* (1983).

En Moscú aparecen sistemáticamente publicaciones

que contienen materiales e indagaciones sobre la historia de la ciencia en los países de Oriente. Se trata de la revista *Voprosi istorii estestvoznania i téjniki* ("Problemas de la historia de las ciencias naturales y la técnica"), las recopilaciones periódicas *Indagaciones histórico-matemáticas*, *Indagaciones histórico-astronómicas*, *Historia y metodología de las ciencias naturales*, *Estudios de historia de la física y la mecánica*, y otras.

Así pues, en Moscú, Tashkent, Almá-Atá, Dushambé y Bakú se han constituido escuelas científicas que contribuyen considerablemente a la elaboración de problemas concernientes a la historia de la ciencia en los países de Oriente. Como resultado de ello, se han probado muchos hechos nuevos, se puntualizó claramente el orden de sucesión cronológico del desarrollo de distintas vertientes y problemas, se esclarecieron nuevos vínculos entre distintos países de Asia, Africa del Norte y la Europa medieval.

Los congresos y conferencias regionales, internacionales y de la URSS desempeñan un gran papel en el estudio de la ciencia de los países de Oriente. Se trata de los Congresos internacionales de historia de la ciencia, los Congresos internacionales de orientalistas, los Congresos internacionales de estudio del sánscrito, los Simposios internacionales de historia de la ciencia árabe, los Congresos internacionales de humanidades en Asia y Africa del Norte. Algunos de estos foros internacionales se celebraron en la Unión Soviética.

En la URSS se reúnen periódicamente las Conferencias nacionales de indólogos, las Conferencias de historia de la ciencia -que se celebran en las Repúblicas del Báltico, Transcaucasia y Asia Central-, conferencias científicas conmemorativas, dedicadas a al-Biruni, al-Farabi, a Avicena y al-Khwarizmi. Dichas conferencias impulsaron nuevas investigaciones dedicadas a relevantes científicos de Oriente. Resultado de ello fueron las nuevas publicaciones de obras, recopilaciones, monografías, biografías científicas y numerosos artículos.

Así, por ejemplo, por resolución de la UNESCO, en todo el mundo se conmemoró ampliamente el 1200 aniversario de al-Khwarizmi. Los festejos conmemorativos,

que tuvieron lugar en Uzbekistán, atrajeron a relevantes historiadores de la ciencia de Austria, Bélgica, Checoslovaquia, Holanda, Hungría, EE.UU., la RDA, así como de Moscú, Leningrado, Kíev, Tashkent, Dushambé, Almá-Atá, Bakú y otros centros científicos de la Unión Soviética. En Tashkent, Urguench y Jivá se erigieron monumentos al insigne sabio. Se dio el nombre de al-Khwarizmi a plazas, calles, así como a un sovjós algodonero en la patria del sabio.

El académico P.Fedoséev, vicepresidente de la Academia de Ciencias de la URSS, al inaugurar la conferencia en Tashkent, dijo en particular: "Hasta hace poco en la ciencia histórica se subestimaba la herencia científica de Oriente, y en varias regiones orientales se minimizaba el papel de la zona centroasiática. Algunos historiadores pintan el cuadro del desarrollo histórico de la ciencia de modo que ora Damasco, ora Bagdad o ciudades egipcias se presentan como los centros de la misma en Oriente medieval. La región centroasiática era considerada como una periferia lejana hasta donde llegaban rayos del saber desde aquellos centros de la civilización. Pero al mismo tiempo se olvidaba que gigantes de la civilización mundial de la talla de al-Farabi, al-Biruni, Avicena y su eximio predecesor al-Khwarizmi eran precisamente oriundos de esas periferias del Oriente árabe. Y si la actividad de esas grandes figuras de la ciencia dio fama a los centros científicos de Bagdad y Damasco, es testimonio de que las tradiciones científicas de Asia Central tenían gran influencia no solo en Oriente, sino en el mundo entero.

En general -señaló a continuación P.Fedoséev- debemos acabar con la costumbre de marginar de la historia de la ciencia patria a célebres compatriotas nuestros basándonos en el solo hecho de que ellos, en virtud de diferentes circunstancias, se trasladaran a otros países para dedicarse allí a la actividad científica. En la Edad Media, muchos científicos de Europa y Asia creaban sus obras en centros científicos y docentes en el extranjero. Ningún país se renuncia por ello a sus grandes compatriotas. Al tiempo que reconocemos el mérito de los centros científicos medievales como Bagdad, Damasco y otros, no podemos olvidar que se granjearon fama mundial gracias, en gran medida, a

la actividad de destacados científicos procedentes de la región centroasiática. Así es como entendemos la interacción e influencia recíproca de científicos y de centros científicos de distintos países en el desarrollo de la ciencia"[14].

Los festejos conmemorativos consagrados a relevantes científicos de Asia Central atestiguan cuán enorme es el respeto que siente todo el pueblo soviético por el estudio, con sentido creador, del legado científico medieval.

---

1 Véase A.P.Yushkévich. "Sobre los logros de los científicos chinos en matemática", *Investigaciones histórico-matemáticas*, fasc. 8, Moscú, 1955 (en ruso).

2 Véase "La matemática en 9 tomos", *Investigaciones histórico-matemáticas*, fasc. 10, Moscú, 1957 (en ruso).

3 Véase B.A.Rosenfeld, A.P.Yushkévich. "La matemática en los países de Oriente durante la Edad Media", *De la historia de la ciencia y la técnica en los países de Oriente*, fasc. 1, Moscú, 1960 (en ruso).

4 Véase A.P.Yushkévich. *Historia de la matemática en la Edad Media*, Moscú, 1961 (en ruso).

5 Véase *Historia de la matemática desde la Antigüedad hasta comienzos del siglo XIX*, t. 1, Moscú, 1970 (en ruso).

6 Véase "Sridhara. Patiganita", *Ciencias físico-matemáticas en los países de Oriente*, fasc. 1 (4), Moscú, 1966 (en ruso).

7 Véase A.I.Volodarski. *Ensayos sobre historia de la matemática medieval en India*, Moscú, 1977 (en ruso).

8 Véase G.M.Bongard-Levin. *Civilización india antigua. Filosofía, ciencia, religión*, Moscú, 1980 (en ruso); del mismo autor. "Viejos y nuevos enigmas de la ci-

vilización de Harappa", *India-1980. Anuario*, Moscú, 1982 (en ruso).

9 Véase *Al-Biruni y las humanidades*. Redactor responsable I.Mumínov, Tashkent, 1972 (en ruso); *Al-Biruni. Con motivo del 1000 aniversario del natalicio*, Redactor responsable A.Arends, Tashkent, 1973 (en ruso).

10 Véase *Al-Farabi. Creación científica*. Recopilación de artículos, Moscú, 1975 (en ruso).

11 Véase *La matemática y la astronomía en la obra de Ibn Sina, sus contemporáneos y seguidores*. Recopilación de artículos, Tashkent, 1981 (en ruso); *Abu Ali Ibn Sina y las ciencias naturales*. Materiales de la Sesión científica conmemorativa, dedicada al 1000 aniversario de Abu Ali Ibn Sina, Tashkent, 1981 (en ruso).

12 Véase *Muhammad Ibn Musá al-Khwarismi. Con motivo del 1200 aniversario de su natalicio*. Redactor responsable A.Yushkévich, Moscú, 1983 (en ruso).

13 Véase B.A.Rosenfeld, A.P.Yushkévich. *Omar Khayyam*, Moscú, 1965 (en ruso); V.N.Ternovski. *Ibn Sina*, Moscú, 1969 (en ruso); B.D.Petrov. *Ibn Sina*, Tashkent, 1976 (en ruso); A.V.Sagadéev. *Ibn Sina (Avicena)*, Moscú, 1980 (en ruso); M.B.Barátov. *Abu Ali Ibn Sina, gran pensador*, Tashkent, 1980 (en ruso); P.G.Bulgákov. *Abu Reiján Biruni*, Tashkent, 1973 (en ruso); B.A.Rosenfeld, M.M.Rozhánskaia, Z.K.Sokolóvskaia. *Abu-r-Raiján al-Biruni*, Moscú, 1973 (en ruso); B.M.Kédrov, B.A.Rosenfeld. *Abu Raiján Biruni*, Moscú, 1973 (en ruso); S.Y.Sirazhdínov, G.P.Matviévskaia. *Abu Raiján Biruni y sus obras matemáticas*, Moscú, 1978 (en ruso); A.I.Volodarski. *Aryabhata*, Moscú, 1977 (en ruso); G.O.Charíev. *Avicena, sabio y pensador*, Moscú, 1980 (en ruso); B.Ya.Shidfar. *Ibn Sina*, Moscú, 1980 (en ruso); M.M.Jairulláev. *Abu Nasr al-Farabi*, Moscú, 1982 (en ruso).

14 Véase *Pravda Vostoka*, 11.IX.1983.

LOS METODOS DE INVESTIGACION COMO OBJETO DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA

Serguéi Kará-Murzá,
doctor en Ciencias Químicas

Poniendo de relieve las regularidades del desarrollo del conocimiento científico y creando con ello las premisas para la previsión de las vías de su futura evolución, la historia de la ciencia se vuelve un elemento necesario en la elaboración de la política científica y en la planificación de la ciencia. Para desempeñar esta función, la historia de la ciencia debe ver su objeto como un sistema íntegro, en todas sus facetas importantes. Los historiadores de la ciencia soviéticos han dedicado muchos esfuerzos a la creación de una base metodológica que permita superar las limitaciones tanto del enfoque externalista como internalista de interpretar la historia de la ciencia[1]. Sin embargo, es necesario un desarrollo posterior de los modos de integrar en la práctica los conocimientos logrados en el curso de las investigaciones realizadas en el marco de la historia de la ciencia y la cienciología, los conocimientos que reflejan distintos "cortes" del sistema. Hace falta encontrar tales eslabones de enlace, que vinculen orgánicamente el sistema de conocimiento y el sistema de actividad.

Uno de tales modos consiste en considerar la historia de las disciplinas científicas a la luz del desarrollo de su pertrechamiento metódico, que se entiende aquí como el complejo de métodos experimentales (para la resolución de tareas particulares cada método se concretiza en una multitud de técnicas, en las cuales están escritos los algoritmos de los procedimientos, según los cuales el método se emplea en cada caso dado).

Hasta hace poco, la historia de las ciencias naturales era alumbrada por los historiadores principalmente desde el punto de vista de la historia de las ideas y concepciones teóricas. Es desproporcionadamente pequeño el número de trabajos dedicados a la historia de la crea-

ción y el desarrollo de los métodos experimentales concretos y de sus complejos. E incluso en estos pocos trabajos el método resulta ser, más bien, un objeto de investigación y no su herramienta, quedando así en la sombra la influencia del método sobre la situación cognoscitiva en los campos afines y su papel en la misma estructura del conocimiento científico.

Mientras tanto, la concepción marxista del desarrollo de la ciencia suponía ya en las etapas tempranas de su formación la posibilidad de examinar la historia de la ciencia a la luz de la evolución de los medios y métodos de investigación, particularmente, de los instrumentos y aparatos científicos. Este enfoque lo empezó a elaborar ya Paul Lafargue[2]. Sin embargo, esta orientación no fue sometida a una elaboración sistemática, aunque en términos generales la cuestión fue planteada tanto por historiadores y sociólogos soviéticos de la ciencia como por los extranjeros (por ejemplo, Robert Merton admitía, que la historia de la ciencia es, en gran medida, la historia de sus instrumentos)[3]. En 1964 S.Mikúlinski, en relación con la discusión sobre los problemas metodológicos de la historia de la biología planteó la tesis, de que cada complejo de métodos formado se correlaciona con una etapa determinada del desarrollo de la ciencia experimental[4].

El método es uno de los elementos claves de la estructura cognoscitiva de un campo o una dirección de investigación. Está inseparablemente vinculado con la visión misma del objeto de investigación y con aquellas concepciones teóricas sobre las cuales se forma el programa de investigación. De este modo, el método puede considerarse como un elemento importante del aparato conceptual, de toda la estructura cognoscitiva del campo de investigación o de la rama científica. La base cognoscitiva de las unidades estructurales de la ciencia más amplias (las disciplinas) se determina, junto con todo el sistema de concepciones teóricas y el objeto de investigaciones común, por el complejo metódico. Este conjunto de métodos implica un sistema bastante estable de métodos de investigación interrelacionados y complementarios, empleado por los científicos en una etapa dada del desarrollo de la disciplina.

La consideración del método como un elemento de la estructura cognoscitiva no desplaza el análisis en el

plano de la historia intelectual, "interna" de la ciencia. La creación y propagación de los métodos científicos con todo su equipo técnico material es una actividad colectiva, en la cual los esfuerzos de los investigadores se unen directa e inseparablemente con la actividad de los trabajadores de la producción material y de otras esferas, y está bajo el efecto de las condiciones socioeconómicas. En las publicaciones se han notado, que la labor científica, aunque sea una labor con preponderancia intelectual y creadora, no puede realizarse en el margen del pensamiento puro. Para esta labor son necesarios ciertos hábitos de trabajo físico, ciertos medios materiales de investigación, instrumentos que se producen gracias al trabajo de muchos hombres ocupados en la producción material. Por otra parte, la creación y propagación de los métodos de investigación, que se vuelven cada vez más también elementos de la tecnología de producción material, están vinculadas de modo más directo con las funciones sociales de la ciencia y son objetos de la política científica y de la administración estatal.

De la tesis acerca del papel del método en la formación de la base cognoscitiva de las direcciones de investigación científica se deduce una serie de conclusiones metodológicas que dan puntos de referencia para los estudios histórico-científicos. Sin embargo, para verificar las hipótesis que pudieran ser formuladas sobre estas conclusiones, hacen falta procedimientos bastante precisos y rigurosos para la descripción empírica de los complejos metódicos de las disciplinas y su evolución. Este problema está ligado al problema de la identificación empírica de la estructura cognoscitiva de las áreas de investigación, y aún con un problema metodológico de la historia de la ciencia más amplio: la identificación empírica de los mismos campos científicos y direcciones de investigación como unidades estructurales de la ciencia. La gran ventaja del historiador de la ciencia ante los investigadores en muchas ramas de la historia civil consiste en que el proceso de desarrollo del conocimiento científico se refleja escrupulosamente en un enorme y bien organizado archivo, que es el macizo de las publicaciones científicas. Precisamente en lo que concierne a los procedimientos experimentales, la veracidad de las informa-

ciones que se acumulan en este archivo constituye en la ciencia una norma, cuyo cumplimiento se asegura por muchos mecanismos de control (son mucho menos severas las exigencias a la precisión en la interpretación de los datos experimentales, en la utilización de los conceptos y las concepciones teóricas). Por lo tanto el análisis de las publicaciones científicas da buenas posibilidades para el estudio del desarrollo de los complejos metódicos en las ciencias experimentales.

Hasta hace poco, el análisis de los macizos de información con este fin se empleaba muy poco, a pesar de que la aplicación de los enfoques cienciométricos al estudio de la ciencia en el plano de objetos de investigación había dado resultados interesantes. Cabe notar, sin embargo, que la afición a las indagaciones cienciométricas no sostenidas por el análisis de contenido, más de una vez ha llevado a conclusiones impresionantes pero evidentemente inconsistentes. A veces, sin conocer profundamente la estructura del macizo de información y la práctica de su formación, el investigador no mide las magnitudes reales, sino el artefacto surgido en el sistema de información.Esto ha causado entre los historiadores de la ciencia una actitud escéptica hacia los métodos formales. A nuestro juicio, actualmente esta "enfermedad de crecimiento" en la cienciometría se supera exitosamente, se está llevando a cabo un ingente trabajo dedicado a la ampliación del equipo metódico de las investigaciones cienciométricas y de aclaración de las limitaciones y el alcance de cada método[5].

Durante los últimos años en el Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica de la Academia de Ciencias de la URSS fue elaborado y probado un conjunto de métodos cienciométricos, que permiten analizar en un plano histórico la dinámica de la creación y difusión de nuevos métodos experimentales y complejos metódicos de disciplinas enteras[6]. Estos métodos están basados en el estudio tanto de las publicaciones primarias en revistas de diferentes ramas de ciencia en diversos países, como en la utilización de documentos secundarios (bibliografías, índices, revistas de referencias y Science Citation Index (SCI). El amplio uso del análisis de los macizos de información introduce en la investigación histórica una gran parte de trabajo empí-

rico. En la historia de la ciencia es imposible el experimento, pero sí es posible la observación y la medición del objeto de investigación, que existe realmente. Al tener métodos con las suposiciones y limitaciones claramente descritas, el historiador de la ciencia pone su investigación sobre una sólida base empírica.

Consideremos brevemente algunas concepciones acerca del papel que desempeñan los métodos de investigación en la actividad científica y en la misma estructura del conocimiento científico en desarrollo, las cuales es posible argumentar empíricamente con ayuda de los métodos propuestos.

Papel de los métodos en la formación de una nueva dirección científica

La aclaración de las regularidades del surgimiento y la formación de nuevas direcciones científicas es importante para la resolución de muchos problemas teóricos de la historia y sociología de la ciencia. Es evidente también el significado práctico de esta cuestión para los organismos de dirección de la ciencia.

La formación de una nueva dirección científica es un proceso de consolidación de las investigaciones dedicadas a un mismo objeto, hasta el momento de surgimiento de cierto consentimiento conceptual. Una base cognoscitiva común une a los miembros de la "brigada" científica internacional (no vinculados necesariamente por relaciones personales y de organización) y crea aquellas "líneas de demarcación" que transforman esta área de investigación en una unidad estructural de la ciencia concreta. En muchos casos un método de investigación complejo resulta el principal criterio de demarcación para identificar una dirección científica. En estos casos la importancia del método como factor formador del sistema se determina frecuentemente por la complejidad y el costo del equipo, o sea, por los parámetros que pertenecen a la esfera social. R.Whitley escribe: "Una técnica especialmente compleja puede constituir la base de una especialidad... Tal base puede crear la microscopía electrónica de alto voltaje... Esto ocurre habitualmente cuando la técnica es relativamente compleja y su utilización exige cierta experiencia. La obtención de los hábitos cognoscitivos

y técnicos, necesarios para manejar el complejo aparato, puede hacer necesario un largo entrenamiento; de modo que esto sirve como criterio de demarcación para el area de investigación. Las técnicas basadas en la física de reactores es un caso algo extremo... pero de otros ejemplos del criterio de frontera sirven el uso del helio líquido en la física de bajas temperaturas o las técnicas de radiación en radiobiología"[7].

R.Whitley y otros historiadores y sociólogos de la ciencia recurren a ejemplos de areas tales de investigación, en que el método sirve de "decisivo criterio cognoscitivo". Estos son, efectivamente, casos extremos, y se trata entonces de los métodos físicos instrumentales. Así, J.Law estudia detalladamente la historia de la formación de la roentgenocristalografía de proteinas como un ejemplo elocuente de tal especialidad "técnica"[8]. Pasando a la historia de la química y la biología, podemos observar, que el papel del método en la formación de la base cognoscitiva se pone de manifiesto mejor en ejemplos no tan "extremos". La base cognoscitiva es un sistema, y el proceso de consolidación de éste se hace más claro, si ninguno de sus elementos aplasta y enmascara los demás. De la historia de la química se deduce, además, que el significado del método como criterio de demarcación del área de investigación no es constante. Este significado decrece en la medida en que los cada vez más amplios círculos de investigadores se familiarizan con el método. Así, a principio de los 60 los químicos que utilizaban la espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN), constituían una comunidad compacta, con fuertes lazos cognoscitivos y sociales. A medida de la propagación de este método y de la iniciación en él de prácticamente todos los investigadores en química orgánica, la línea de demarcación que limitaba esta comunidad se hacía más confusa hasta desaparecer completamente. También ahora este método se mantiene en la base del orden categorial de la química orgánica y está presente como elemento de la estructura cognoscitiva de todas sus áreas de investigación, pero es admitido universalmente y no puede determinar la especificidad de ningún área en particular. (Por supuesto, cuando aparecen nuevas modificaciones de la espectroscopia RMN o nuevos instrumentos con posibilidades cualitativamente nuevas, por algún tiempo

se forman también nuevas áreas de investigación).

El método de RMN también exige para su uso un equipo relativamente costoso. Pero hay bastantes ejemplos, en que nuevas áreas de investigación se forman en base a un método original barato, si éste lleva rápidamente a la obtención de valiosos resultados científicos. Tal método fue, por ejemplo, la cromatografía de afinidad[9]. Este método se fundaba en una argumentación teórica completamente comprensible para todos los químicos y bioquímicos y no necesitaba un pertrechamiento técnico costoso. El factor que ha unido a los científicos alrededor del grupo de investigadores que crearon y difundían este método, consistía en la aguda necesidad de su más rápida dominación. Cabe decir, que uno de los creadores de la cromatografía de afinidad, P.Cuatrecasas, en 6 años publicó junto con 45 coautores 135 artículos, dedicados principalmente a la aplicación del método a diferentes objetos. En esta etapa la elaboración de la cromatografía de afinidad se separó incluso como una área científica bastante grande, que apareció en el "mapa" de la ciencia (estos mapas se construyen en base al análisis de la referencia simultánea de dos documentos en una publicación, la llamada "co-citación")[10]. Pero posteriormente el método se ha diseminado en muchos campos de la ciencia y dejo de ser criterio de demarcación (aunque siguió siendo un elemento de tal criterio).

De un modo distinto se desarrollaba el radioinmunoanálisis (RIA). Este se hizo base de toda una serie de áreas científicas, pero en ningún momento llevó a la formación de un área "metódica" propia. Los trabajos dedicados a la elaboración del método estaban desde un principio relacionados con la resolución de problemas concretos de investigación. El "componente" metódico se enlazaba tan íntimamente con el componente de objeto, que estos trabajos inmediatamente daban lugar a nuevas direcciones científicas denominadas por el objeto de los estudios. Quizás, la historia del RIA refleja el mecanismo más corriente de surgimiento de nuevas áreas científicas: la creación del método "despierta" un área latente, "durmiente", dedicada a un objeto importante, pero cuyo desarrollo estaba frenado por las dificultades metódicas. En otras palabras, el método completa la base cognoscitiva potencialmente existente

hasta el sistema íntegro, lo que trae como resultado la aparición en el frente de la ciencia de un área nueva de investigación.

Como buena ilustración de este mecanismo sirve la aparición de una gran área en la ciencia médico-biológica, cuyo objeto era el "antígeno carcinoembriónico". En 1962-1963 los científicos soviéticos G.Abelev y Yu.Tatárinov descubrieron el primer antígeno "marcador" del cáncer, una proteína llamada por ellos "alfafetoproteína"[11]. Siguiendo esta dirección, el científico canadiense P.Gold en 1965 descubrió otro marcador antígeno, denominado antígeno carcinoembriónico. La determinación de este antígeno en la sangre daba un método importante para la diagnosis temprana de ciertos tipos de cáncer y para la evaluación de los procedimientos curativos aplicados. Pero las investigaciones del antígeno carcinoembriónico después del descubrimiento de P.Gold no podían desarrollarse ampliamente, hasta que no fuera elaborado un método de determinación del antígeno, sensible, preciso y no muy trabajoso. Por lo tanto el momento de consolidación de las investigaciones en todo un área resultó ser la elaboración en 1969 del método de análisis con ayuda del RIA. Este fue el viraje, después del cual se han ampliado bruscamente las investigaciones. Pero el problema no está solamente en el crecimiento cuantitativo. Es que el trabajo metódico de 1969 (D.Thomson y otros) fue en realidad el factor formador del sistema, que ha completado la base cognoscitiva del área hasta un sistema íntegro en desarrollo. Los trabajos de P.Gold de 1965 describían otros dos elementos de este sistema (el hecho científico del descubrimiento del antígeno, su descripción bioquímica y la concepción teórica), que se encontraba hasta 1969 en estado latente.

Este proceso se ve claramente al representar la base cognoscitiva de dicha área científica en forma de agrupación ("cluster" en inglés) de trabajos claves, que se identifica por medio del análisis de la citación y co-citación[12].

Métodos de investigación como enlaces en el sistema del conocimiento científico

Reconstruyendo el proceso de desarrollo de un área

concreta de investigación, el historiador de la ciencia trata de representarla en interacción con las áreas afines.La esencia de cualquier objeto se revela más claramente, si éste puede ser visto en el contexto, desde el nivel de un sistema superior, y desde el "interior", a partir de un nivel más bajo. Por ello una tarea metodológica importante de la historia de la ciencia consiste en la aclaración de la estructura del objeto en estudio.

La elaboración de los conceptos estructurales, tales como disciplina científica, programa de investigación, área científica, ha ampliado considerablemente posibilidades analíticas de la historia. En todos estos casos en calidad de elementos de la ciencia se toman determinadas áreas identificadas por el objeto de estudio. Pero la estructura de la ciencia no puede ser representada sólo por la lista de las áreas que la componen. Es necesario ver su disposición mutua, saber la fuerza de los enlaces que las unen, la naturaleza de estos enlaces y el mecanismo de su funcionamiento. En la metodología de las investigaciones históricas de la ciencia está bastante bien desarrollada la cuestión del papel que desempeña la teoría en la integración de las áreas de investigación. Consideremos aquí el papel que desempeñan en este proceso los métodos experimentales.

Cada método se utiliza, como regla general, en varias áreas de investigación, y cada área utiliza varios métodos. Por consiguiente, se forma una peculiar matriz de los métodos científicos y las áreas de investigación. Es uno de los mecanismos de integración de la ciencia. Al proyectarlo en el plano social de la ciencia, veremos una nueva forma de unión de los científicos en comunidades, según su pertenencia a los que elaboran o utilizan un mismo método. Los investigadores que emplean la espectroscopia de RMN o consideran sus problemas en términos de este método se unen en una comunidad "metódica" independientemente del objeto de estudio en el área donde trabajan. Precisamente gracias al hecho de que ellos, trabajando en distintas áreas de investigación, pertenecen a una misma comunidad metódica, pueden desempeñar la función de vínculo que une estas áreas.

Este mecanismo se refleja en las redes de citación, y por consiguiente, puede ser revelado empíricamente.

Puesto que surgen comunidades "metódicas", los métodos correspondientes a éstas se describen en los trabajos, reconocidos por todos los miembros de la comunidad como trabajos básicos, claves. Tales artículos metódicos claves (o ciclos de artículos) deben sobresalir muy claramente respecto a su nivel de citación. Esto es realmente así. Por ejemplo, en la bioquímica durante 1961-1975 más de 500 veces fueron citados 78 artículos de los publicados en los años 50[13]. Según nuestras evaluaciones, la exposición de un nuevo método fue el contenido principal de 65 de estos artículos. Al mismo tiempo, cada artículo "metódico" ha obtenido como promedio 1.996 referencias, mientras que cada uno de los 13 artículos "no metódicos", sólo 949 referencias como promedio.

Ya que un mismo método resulta ser elemento de la base cognoscitiva de varias áreas de investigación, el trabajo que lo expone entra en los "clusters" de publicaciones claves de todas estas áreas. Por consiguiente, en el mapa de la ciencia, trazado a partir del análisis de la citación, precisamente los artículos metódicos forman aquellos enlaces de co-citación que integran las áreas de investigación en un sistema. Al aplicar el análisis de "clusters" para componer el mapa de la ciencia biomédica, H.Small y B.C.Griffith han descubierto, que "la superestructura de los trabajos metódicos enlaza en un conjunto único las múltiples subestructuras de trabajos conceptuales, que en otro caso hubieran formado "clusters" separados de las especialidades"[14]. Esta superestructura metódica estaba compuesta en 1972 por 29 artículos principales, que unían 74 áreas mayores de la ciencia biomédica. Con respecto al artículo más citado de O.Lowry y otros, conocido por todos los bioquímicos, acerca del análisis colorimétrico de la proteína, K.E.Studer escribía: "... Puesto que dicho trabajo es de importancia vital para todas las áreas de la biología, igual que lo fue la teoría de Darwin o el descubrimiento del ADN, éste sigue cumpliendo su papel integrativo para los investigadores en biología más allá de su contenido aparentemente modesto"[15].

Precisamente por las variaciones en la citación de los artículos metódicos se determina en gran medida la dinámica del mapa de la ciencia. Basta que se "borren" los nombres de los autores de algunos trabajos metódi-

cos, para que desaparezcan en el mapa los enlaces entre las áreas, varíe toda su estructura. Es uno de escollos en la utilización del análisis de "clusters" tanto en la investigación de la historia de la ciencia, como en la práctica administrativa. Sabiéndolo, es posible evitar errores.

Por fin, hay que notar, que la función ligadora de los métodos en el sistema de la ciencia arroja una nueva luz sobre el problema de la clasificación de las áreas y direcciones de investigación, que es muy importante para el historiador de la ciencia y para el administrador. Es sabido, cuán limitadas son las clasificaciones "unidimensionales", compuestas en forma de una lista de direcciones científicas. Nos damos cuenta de que estableciendo la vecindad entre las áreas por un sólo indicio empobrecemos tanto la variedad real de sus relaciones que perjudicamos considerablemente nuestras posibilidades creadoras. En cambio, en el "corte metódico" de la ciencia se hacen vecinas las áreas de investigación que ahora parecen completamente separadas. En la clasificación tradicional a nadie se le ocurre poner juntas la astronomía y la citología o endocrinología. Pero la utilización en estas últimas áreas del conocido a los astrónomos desde hace mucho tiempo método de intensificación de la luz de los astros remotos les ha permitido a los biólogos observar, con ayuda de trazadores fluorescentes, la actuación de las hormonas en la célula viva directamente en la pantalla de televisor. El trabajo conjunto del biólogo con el astrónomo ha dado inicio a una nueva área de investigación, que se desarrolla rápidamente[16]. La composición del mapa de la ciencia como sistema de "clusters" es útil también porque nos indica un nuevo criterio de vecindad de las áreas: las relaciones metódicas (por supuesto, sólo aquellas, que ya se han realizado, aunque inconscientemente, en los trabajos de un grupo numeroso de científicos).

Desarrollo del equipo metódico y el problema de la periodización en la historia de las ciencias naturales

Para esclarecer la lógica del desarrollo de una disciplina o área de investigación, el historiador recurre

al estudio de los aspectos cruciales: a los cambios conceptuales importantes, a las revoluciones científicas de diferente magnitud. Estos aspectos sirven de mojones, en base a los cuales se traza la periodización. Pero ¿qué es lo que debe tomarse como punto de partida en el movimiento de una nueva concepción? ¿El momento de "destello" del científico que dio una formulación acabada, o el momento cuando la concepción fue adoptada por parte sustancial de los científicos? ¿Acaso, este "destello" o el descubrimiento experimental no son un fenómeno de umbral que concluye el período de incubación, de preparación latente del material? Para el naturalista representan interés muy grande los procesos que se verifican durante el período de incubación, sin conocerlos resulta imposible entender el mecanismo del proceso entero. Igualmente, para el historiador es importante conocer las premisas del descubrimiento, el proceso de creación de sus componentes, que en el momento de culminación se han unido en un sistema íntegro.

Para lograr tal conocimiento, hacen falta nuevos instrumentos de investigación, un conjunto bastante amplio de indicadores que permitan representar la dinámica del proceso en forma explícita. De uno de estos instrumentos puede servir el estudio de la creación e implantación de nuevos métodos científicos. Anteriormente fue demostrado, que el método es uno de los factores formadores de sistema en el surgimiento de nuevas áreas de investigación y a la vez forma los enlaces que unen estas áreas a toda la estructura de la disciplina científica. Pero ¿qué es, en esencia, el surgimiento de una nueva área? Es, precisamente, aquella "explosión", que en cierta parte de la disciplina se percibe como revolución científica (siendo importante no la magnitud de esta parte de la ciencia afectada por el cambio, sino el carácter mismo del proceso). En diferentes niveles de generalidad, la dinámica del desarrollo del equipo metódico es índice diagnóstico que permite seguir la variación de toda la estructura cognoscitiva.

La ventaja de este indicador consiste en que se somete a la identificación empírica e incluso a la medición. Una vez creado el método, bastante rápidamente se alcanza la uniformidad terminológica en su denominación y descripción, y la dinámica de su utilización se

refleja de una manera precisa en los macizos de publicaciones (lo que no puede decirse de las ideas, conceptos y concepciones teóricas).

La evidente relación entre el empleo de nuevos métodos y la obtención de nuevos resultados de contenido, la transferencia a un nivel de conocimiento más alto aún crea a veces la impresión de que el método resulta ser la primera y casi la única causa de una u otra revolución científica. Iván Pávlov escribía: "Con frecuencia se dice, y no sin razón, que la ciencia avanza por saltos, en dependencia de los éxitos en el desarrollo de los métodos. Con cada paso del método hacia adelante, es como si nosotros subiéramos un escalón, desde el cual se nos abre un horizonte más amplio, con los objetos anteriormente invisibles"[17]. Tratando de subrayar la importancia del método, Pávlov ha desplazado los acentos. Siendo a la vez teórico y experimentador, no podía ignorar la ligazón inseparable del método con la teoría y los hechos científicos relativos al objeto de investigación. La revolución científica es un cambio de toda la base cognoscitiva, y en diferentes casos distintos elementos de este sistema íntegro pueden desempeñar el papel de "motor de arranque". En nuestro contexto nos importa el hecho de que el "éxito en el desarrollo del método" es un factor fácilmente perceptible y a la vez evidentemente relacionado con la rotura del frente científico. Si es así, en el "corte metódico" de la ciencia el historiador hallará un sistema de coordenadas útil para la búsqueda de los mojones que señalen las etapas en el avance del conocimiento científico.

Por supuesto, en algunos casos el nuevo método ejercía una influencia en toda la base cognoscitiva tan cardinal y evidente (telescopio, microscopio, etc.), que su creación se incluía en la periodización de la historia de la ciencia como algo natural. En cambio, queremos subrayar aquí, que también la transformación cumulativa del equipo metódico, no acompañada de descubrimientos tan revolucionarios como la invención del microscopio, sirve de buen indicador para la periodización. Este no sustituye otros indicadores, sino que los complementa, siendo a veces muy ventajoso. Así, se considera con toda razón, que el cambio de la estructura cognoscitiva conlleva un cambio en los conceptos. Pero el concepto es, generalmente, una formación de nivel más

elevado que el método. Esta se compone de una serie de elementos e incluye en sí los hechos, las ideas teóricas y los métodos, a veces aún en forma explícita. Por ejemplo, en un concepto tal como "gamma-globulina" cada parte del término nos remite a algunos métodos determinados (la electroforesis, ultracentrífuga, el análisis por los rayos X). Más importante todavía es el efecto del método en la transformación de los conceptos que ocurre sin la variación de la terminología. Pensando en conceptos tan viejos como "átomo" o "gen", simplemente no podemos abstraernos de los métodos por medio de los cuales fueron descubiertos los hechos que llenaron estos términos del nuevo contenido moderno.

No menos importante es también el hecho de que el análisis histórico del aparato conceptual es bastante complejo desde el punto de vista metodológico. De éste se ocupan casi exclusivamente los historiadores de la ciencia profesionales. En cuanto a la reflexión de los propios científicos sobre el desarrollo de su disciplina (esta reflexión, de paso sea dicho, es un componente importante de la historia de la ciencia), precisamente el cambio del equipo metódico se cita como indicador de muchos avances importantes. Por ejemplo, A.Todd, reflexionando sobre el camino recorrido por la química orgánica, explícitamente pone las innovaciones metódicas como base de la periodización[18]. Declaraciones semejantes se hicieron respecto al papel de los métodos en la transformación de otras ramas de ciencia.

Hasta el momento, los historiadores de la ciencia profesionales esquivan, como regla general, relacionar directamente la periodización con los momentos cruciales en la evolución del equipo metódico[19]. Algunos autores tratan de justificar tal actitud[20]. Sin embargo, el más simple análisis de contenido terminológico de las descripciones de los períodos históricos indica en muchos casos, que considerable parte de tal descripción se basa en el examen de los métodos. Así, G.Bíkov, al definir el período contemporáneo en la química orgánica, utiliza la palabra "método" 38 veces, mientras que la palabra "teoría" 10 veces y la palabra "compuesto", 25 veces. Si hubiéramos pasado los límites de la terminología y clasificado las frases según su sentido, el peso de la referencia a los métodos sería todavía mayor[21].

Tomar conscientemente en consideración los cambios del equipo metódico al determinar los criterios de periodización en la historia de la ciencia es necesario también por el hecho, de que la evolución de los métodos lleva no sólo a la aceleración del avance de las investigaciones en la misma dirección, sino también a la desviación de este avance. Si se ignora el mecanismo de tal transformación del orden conceptual de la disciplina o área, al historiador se le escapa la lógica del proceso, y la periodización pierde su carácter racional y sentido heurístico. En cambio, si se reconstruyen todos los ciclos de interacción de la teoría con el método como elementos equitativos de un mismo sistema cognoscitivo, la desviación de la dirección del avance del conocimiento científico se hacen explicables e incluso previsibles. Así, hablando del "núcleo central de la biología experimental de nuestros tiempos", A.Kursánov escribe: "La citología acrecía cada vez más el poder de resolución de su técnica de aumento, penetrando paso a paso en el antes imperceptible mundo de la ultraestructura de citoplasma, es decir,como si se moviera hacia la biología molecular... Al principio parecía, que la microscopía electrónica, con ayuda de la cual fue dado el paso decisivo a la ultraestructura de la célula, sólo profundizaba la vía morfológica de su estudio. Pero en realidad resultó, que la microscopía electrónica lleva la citología mucho más adelante, acercándola a muchas ramas de la biología experimental"[22].

Todavía más claramente se expresó G.Frank, al proponer la periodización de la historia de la biología actual y relacionar sus cinco etapas con la creación de métodos de investigación esencialmente nuevos[23].

Cabe agregar, que la metodología creada por la historia de la ciencia para la observación del surgimiento y la dinámica de difusión de las disciplinas científicas y de las áreas de investigación, está ganando una importancia práctica que supera en mucho los límites de necesidades del estudio histórico-científico. El saber identificar nuevos "puntos de crecimiento", la periodización correcta del camino recorrido y la evaluación adecuada del estado actual, la diagnosis justa de los cambios conceptuales venideros, todo esto son condiciones para la elaboración racional de la política cientí-

fica y una eficiente planificación de las investigaciones científicas a largo plazo. La observación del relevo de las generaciones de métodos de investigación, el estudio de la evolución de la estructura del complejo metódico de las disciplinas da para ello útiles indicadores.

Los métodos como portadores de concepciones teóricas

Señalemos una función "disimulada" de los métodos de investigación más, a la luz de la cual el historiador puede ver de modo distinto el proceso de divulgación y asimilación de las concepciones teóricas. En este proceso los métodos desempeñan frecuentemente el papel de agentes portadores de nociones teóricas nuevas, e incluso a veces el papel de "caballo de Troya" para la penetración furtiva de estas nociones en la estructura cognoscitiva de un área ajena.

Anteriormente se ha dicho, que el método está ligado inseparablemente con la teoría que compone la base cognoscitiva del área "servida" por el método. Pero al mismo tiempo cada método tiene un núcleo invariable con respecto a las áreas concretas de estudio, que utilizan este método. Precisamente ello permite a los métodos servir como "bloques de empalme" para unir los elementos estructurales del conocimiento científico. El núcleo del método incluye las nociones teóricas relacionadas directamente con el método y no con los problemas que pueden ser resueltos por medio de éste. El núcleo teórico de cualquier método se crea en el marco de las nociones de una disciplina determinada, y se entrelazan en el tejido de estas nociones. Mientras tanto, los "consumidores" del método se encuentran en otras áreas y disciplinas. Asimilando el método con fines puramente auxiliares, como un instrumento útil en el trabajo experimental, estos usuarios perciben (a veces casi inconscientemente) los conceptos y las teorías de otra disciplina que están detrás de este método. De modo que el esqueleto metódico de la ciencia une las áreas y disciplinas no sólo a través de los procedimientos experimentales comunes, sino también a través de la transferencia de las concepciones teóricas.

Esta transferencia con ayuda del método experimental

se realiza con muchos menos obstáculos que la introducción directa de la teoría traída de otro área. La estructura cognoscitiva de cualquier área científica posee una inmunidad particularmente fuerte contra las teorías ajenas, ya que éstas alteran en gran medida la unidad conceptual. La resistencia a las innovaciones metódicas es relativamente más débil (a excepción de aquellas especialidades "técnicas" que se determinan completamente por un método, tal como fue, por ejemplo, en la cristalografía de las proteínas[24]).

De clara ilustración puede servir el papel que han desempeñado los métodos espectroscópicos en la conexión de los químicos con las nuevas concepciones teóricas para la química orgánica. En un principio parecía que la espectroscopia solamente brindó a los químicos sus "servicios", liberándolos de gran parte del trabajo engorroso dedicado al establecimiento de la estructura de la sustancia. Pero, mirando en retrospectiva, vemos que la asimilación de los conceptos y de la terminología de la espectroscopia por amplios círculos de químicos facilitó considerablemente la penetración de las ideas y concepciones de la química cuántica en la química orgánica.

La relación íntima, aunque no siempre situada en la superficie, entre el método y un conjunto determinado de nociones teóricas nos hace mirar desde un punto de vista nuevo la influencia del nivel de equipo metódico en el potencial científico. Antes la principal atención se prestaba al hecho evidente de que el equipo metódico influye en el potencial científico por las siguientes vías: a través de la propia posibilidad de investigar problemas que exigen cierto grado de exactitud en las mediciones; a través de la productividad del científico en la realización de las operaciones experimentales; a través de la calidad del producto científico, que no debe ser inferior a un nivel mínimo indicado por los patrones mundiales[25]. Pero entonces se suponía implícitamente que los investigadores en principio pueden entender y formular los problemas del frente más adelantado de la ciencia, incluso sin usar los métodos ya existentes en la ciencia mundial.

Por lo visto, en realidad la situación es más complicada. Si admitimos que el método está ligado íntimamente a las nociones teóricas, al modo mismo de ver el ob-

jeto, debemos suponer que el retardo en la transferencia y asimilación de importantes métodos científicos ejerce sobre el nivel de las investigaciones y el potencial de los especialistas una influencia más profunda de lo que parece a primera vista. Sin "conectarse" a tiempo al armazón metódico del área en desarrollo del conocimiento en la ciencia mundial, creamos grandes obstáculos también a la asimilación del nuevo aparato conceptual.

De ahí se deduce, que el análisis permanente del estado y de las tendencias del desarrollo de todo el complejo de métodos en la ciencia mundial y la evaluación del equipo metódico de las propias investigaciones se convierten en una importante función en todos los niveles de la administración de la ciencia en cualquier país. Para realizar esta tarea pueden ser utilizados los conceptos y los enfoques que ya posee el arsenal de la historia moderna de las ciencias naturales.

---

1 Véase S.R.Mikulinski. "Falsas controversias y problemas reales de la teoría del desarrollo de la ciencia". *Voprosi filosofii*, 1977, N. 11.

2 Véase B.M.Kédrov, A.P.Ogurtsov. *Concepción marxista de la historia de las ciencias naturales: siglo XIX*, Moscú, 1978 (en ruso).

3 Las publicaciones abundan en observaciones justas acerca de la extraordinaria importancia de los instrumentos (los métodos experimentales se recuerdan con menos frecuencia) en el trabajo científico. Pero, estando privados del contexto histórico, estas observaciones, a menudo, concentran la atención en las cosas más evidentes: en que la calidad de los instrumentos determina la precisión de las mediciones y la productividad del científico.

4 Véase S.R.Mikúlinski. "Problemas metodológicos de la historia de la biología", *Voprosi filosofii*", 1964, N. 9.

5 La laboriosidad de los enfoques cienciométricos sigue

siendo un factor restrictivo. En perspectiva, no obstante, este factor será en gran medida eliminado, ya que los métodos ahora ensayados podrán ser utilizados con ayuda de computadoras para analizar el enorme material. Los macizos de información leíbles con máquinas son cada vez más accesibles.

6 Véase S.G.Kará-Murzá. "Tecnología de las investigaciones científicas como objeto de análisis cienciológico", *Véstnik AN SSSR*, 1979, N. 1; del mismo autor. "Tecnología de las investigaciones científicas. Estudio de la creación y propagación de la cromatografía de afinidad con ayuda de Science Citation Index", *Naúchno-tejnícheskaia informatsia (NTI)*, Serie 1, 1979, N. 1; Nguyen Schi Lok, S.G.Kará-Murzá. "Tecnología de las investigaciones científicas. Estudio de la propagación de los métodos espectrales con ayuda del análisis de las publicaciones", *NTI*, Serie 1, 1979, N. 12; S.G.Kará-Murzá, V.A.Márkusova, Nguyen Shi Lok. "Tecnología de las investigaciones científicas. Estudio de la propagación del radioimunoanálisis con ayuda de la revista de referencias, SCI y WIPIS", *NTI*, Serie 1, 1981, N. 7; S.G.Kará-Murzá. "Problemas in studying the diffusion of technological innovations in science", *Science of Science*, 1981, vol. 2, N. 2.

7 R.Whitley. "Cognitive and social institutionalization of scientific specialties and research areas", *Social Processes of Scientific Development*, London, 1974, pp. 79, 78.

8 Véase J.Law. "The Development of Specialities in Science: The Case of X-ray Protein Crystallography", *Science Studies*, 1973, vol. 3, N. 3, pp.275-303.

9 Véase S.G.Kará-Murzá. "Tecnología de las investigaciones científicas. Estudio de la creación y propagación de la cromatografía de afinidad con ayuda de Science Citation Index", ed.cit.; del mismo autor. "Dynamics of dissemination in the case of affinity chromatography", *Chromatographic Rev.*, 1981, vol. 25, N. 2.

10 Véase E.Garfield. *Citation indexing - its theory and application in science, technology and humanities*,

11 Este descubrimiento dio lugar a una área científica propia, que durante los últimos años se desarrolla de manera impetuosa. A partir del 1976, en el mundo se publican cada año alrededor de 800 artículos, en el título de los cuales aparece el término de "alfa-fetoproteína". Hasta el momento este área se ha desdoblado en seis nuevas direcciones científicas independientes.

12 Cuando en el proceso de consolidación de un área nueva de investigación se establece un consentimiento conceptual entre los científicos, en las redes de citación puede descubrirse un conjunto de artículos frecuentemente citados y unidos entre sí ("cluster"). La estructura de este conjunto refleja el carácter y la dirección de las investigaciones en un momento dado. El "cluster" surge, porque los miembros de la "brigada" que trabaja en dicha área en sus publicaciones se refieren a los trabajos que describen los principales elementos de la base cognoscitiva del área (hechos, teorías, métodos).

13 Véase E.Garfield. "Highly cited articles. 40. Biochemistry", *Current Contents*, 1977, N. 25.

14 E.Garfield. *Citation indexing...*, ed.cit., p. 115.

15 D.E.Chubin, K.E.Studer. "Knowledge and structures of scientific growth: measurment of a cancer problem domain", *Scientometrics*, 1979, vol. 1, N. 2, p. 185.

16 Véase "Image intensification comes to biology",. *Science*, 1978, vol. 201, N. 4359.

17 I.P.Pávlov. *Obras completas*, Moscú-Leningrado, 1946, t. 2, pág. 23 (en ruso).

18 Véase A.Todd. "Un químico-orgánico reflexiona sobre su ciencia", *Véstnik AN SSSR*, 1980, N. 2.

19 Entre las pocas exclusiones puede citarse los trabajos de S.Mikúlinski, el anteriormente citado y otros (por ejemplo, S.R.Mikulinski. "Die Bedeutung des Studiums der Evolution der Forschungsmethoden", *Wiss. Z.Humboldt-Univ.* (Berlín), 1979, N. 5), en que las grandes etapas y los momentos cruciales en

el desarrollo de la ciencia se relacionan directamente con el descubrimiento y la propagación de nuevos métodos.

20 Por ejemplo, V.Kritsman y N.Rodnii escribían: "Sin duda, la aparición de nuevos medios y métodos de trabajo conduce a una considerable ampliación del frente de investigaciones y a la acumulación de gran cantidad de nuevos hechos, a la aceleración del desarrollo de la química. Pero los nuevos métodos de investigación por sí solos tampoco abren una nueva fase en el desarrollo de la química... Un principio de la periodización de la historia de la ciencia lógicamente consecuente consiste en la separación de las etapas en su desarrollo, que se diferencien entre sí por representaciones teóricas básicas" (Véase V.Kritsman, N.Rodnii. "Sobre la periodización de la historia de la ciencia (con la cinética química como ejemplo)", *Voprosi istorii estestvoznania y tékniki*, 1971, fasc. 235, pág. 16). A nuestro juicio, es poco probable que sean fructíferas las tentativas de hallar algún elemento cognoscitivo único, que "por sí solo" abra las fases en el desarrollo de la ciencia. El paso a una etapa nueva es la transformación profunda de toda la estructura cognoscitiva.

21 Véase G.V.Bíkov. *Historia de la química orgánica*, Moscú, 1976 (en ruso).

22 A.D.Kursánov. "Biología del siglo XX", *Véstnik AN SSSR*, 1979, N. 8.

23 Véase G.M.Frank. "De las vías de conocer la esencia material de los fenómenos de la vida", *Interacción de los métodos de las ciencias naturales en el estudio de la vida*, Moscú, 1976 (en ruso).

24 Véase J.Law. *Op.cit.*

25 Véase S.G.Kará-Murzá. Nguyen Shi Lok. "Papel y lugar de la tecnología de las investigaciones científicas en el potencial científico", *El desarrollo de la ciencia y los problemas de información*, Moscú, 1980 (en ruso).

DEFINICION DE DESCUBRIMIENTO CIENTIFICO

Anatoli Viáltsev,
candidato a doctor
en Ciencias Físico-Matemáticas

Actualmente, los trabajos de historia de las ciencias naturales han alcanzado un nivel en que adquiere importancia primordial la exactitud y rigurosidad del aparato conceptual y -congruentemente- idiomático (terminológico), utilizado en ellos. Esto atañe, ante todo, a las principales categorías de la historia de la ciencia: los conceptos de descubrimiento y de previsión, así como las nociones acerca del grado de dificultad de los problemas científicos y la rigurosidad de su solución. En las publicaciones, dichos vocablos siguen empleándose hasta la fecha sin la debida univalencia. Por ejemplo, en un caso, por descubrimiento se entiende la constatación vaga, apenas concebida, de un hecho nuevo, en otro, una constatación completamente clara, precisa y bien determinada; un historiador limita el descubrimiento al marco de lo empírico, otro trata de incluir en el mismo, en una u otra medida, su interpretación teórica desarrollada; algunos autores estiman necesario buscar la fecha precisa del descubrimiento -el día y hasta la hora-, mientras que otros, por el contrario, enfocan el descubrimiento como un proceso que se prolonga durante varios años. El quid de la cuestión no radica, en última instancia, en que unos tienen razón y otros se equivocan, sino en que el descubrimiento científico -como hecho de la realidad histórica- es un fenómeno amplio y multidimensional. Al elaborar el aparato conceptual de la historia de la ciencia, se debe tener en cuenta estas peculiaridades del proceso real de conocimiento.

Gran parte de las discusiones estériles en torno al problema de la prioridad se debe, precisamente, a la ausencia de tal aparato. Por regla general, los que participan en una discusión conocen todos los tra-

bajos relacionados con el tema en debate, pero uno de los participantes denomina descubrimiento aquello que otro llama preparativos para el mismo, vinculándolo a su prehistoria y un tercero, aquello que los demás llaman confirmación del descubrimiento,considerándo como tal la historia de las consecuencias del mismo. En relación semejante entre sí se hallan, por ejemplo, los trabajos de J.Newlands, D.I.Mendeléev y de N.Bohr concernientes a la ley periódica de los elementos químicos.

Los juicios sobre el descubrimiento del electrón, expresados en diferentes oportunidades, evidencian hasta qué punto pueden divergir los criterios en cuanto a la definición exacta del autor y la fecha de un descubrimiento: W.Kaufmann lo atribuyó a P.Zeeman y a H.Lorentz; W.Nernst, a E.Wiechert (punto de vista aceptado por G.V.Bíkov, historiador soviético de la química); la mayoría de los historiadores adjudicaron este descubrimiento a J.Thomson, sin llegar, empero, a unanimidad de opiniones acerca de cuál de sus numerosas obras lo contenía; N.Bohr incluyó entre los descubridores del electrón a Ph.Lenard, y E.Rutherford con sus colegas, a W.Kaufmann.

Estimamos que la tarea de un historiador contemporáneo de la ciencia no consiste en elegir una de las opiniones mencionadas acerca del descubrimiento del electrón o buscar otra nueva, sino en comprender y evaluarlas todas. Esto no puede hacerse sin recurrir a una definición diferenciada del propio concepto de descubrimiento.

A mi juicio, el método más prometedor para solucionar este problema es el de los precedentes. Su quid radica en lo siguiente. Tomamos uno u otro material histórico, discriminamos del mismo los hechos más notables y relacionamos con cada uno de éstos un término histórico-científico determinado. El último desempeña el papel de etiqueta; por eso, el principal requisito que exigimos es que sea cómodo. En lo sucesivo, los hechos elegidos sirven de patrones, y el estudio de otros hechos adquiere carácter comparativo. En caso de necesidad,el juego inicial de términos se complementa o puntualiza. Cuando utilizamos una terminología definida de este modo,nuestras palabras adquieren carácter informal. No surge ninguna discu-

sión acerca de ellas. Si se descubre una diferencia en la comprensión de uno u otro hecho histórico,hemos de recurrir a los archivos. Por consiguiente, tales disputas, lejos de impedir el progreso, lo estimulan.

He empleado el método de los precedentes para la definición diferenciada de descubrimiento y predicción del mismo,así como para construir la escala de dificultad de los problemas científicos, de complejidad y rigurosidad de sus soluciones, tomando como ejemplo los datos que proporcionan la historia de la teoría de la radiactividad, la física nuclear y la historia de la teoría cinético-molecular de los gases. Resultó conveniente definir los descubrimientos en polos de dicotomías tales como lo directo - lo indirecto; lo singular - lo colectivo; lo empírico - lo pronosticado; lo inseguro - lo seguro; lo a priori - lo a posteriori; lo vago - lo preciso; lo indefinido - lo definido, etc. Es sustancial que esas definiciones se desenvuelvan en varios planos-síntomas, o sea, que la señalada enumeración de términos ilustre la multidimensionalidad de las definiciones diferenciadas anteriormente mencionada. Corresponde al futuro llenar los diapasones y esclarecer su "estructura fina". En el caso de las predicciones se promueve a un primer plano el grado de argumentación (solidez, carácter científico) del juicio. Este grado puede variar dentro de límites sumamente amplios, desde enunciados absolutamente arbitrarios (y que por eso, hablando en rigor, carecen de importancia científica) hasta deducciones rigurosas extraídas de teorías seguras, a semejanza de la deducción que hicieron U.J.Le Verrier y J.Adams sobre el plantea descubierto por J.Galle.En la física contemporánea, dado su alto nivel de matematización, ha surgido la predicción con un grado de categoricidad aún mayor: la predicción-prescripción. Así fue, por ejemplo, la predicción de los fotones, hecha por M.Planck. En el extremo opuesto de la escala de predicciones hemos de colocar el presentimiento implícito. Como ejemplo puede servir la predicción del deuterio contenida en la hipótesis de W.Prout sobre la composición hidrogenada de los átomos de todas las sustancias.

Es conveniente construir la escala de dificultades de los problemas científicos a partir de su extremo

inferior, simple, discriminándose así la categoría de problemas que en su tiempo no estuvieron resueltos, aunque su solución no costó gran trabajo: aparece el concepto de omisión. Es natural que por criterio de grado de dificultad de un problema físico admitamos su carácter matemático y, por consiguiente, el requisito sea su solución cuantitativa. J.Joule, al solucionar de ese modo el viejo problema sobre la presión del gas como conjunto de moléculas, inició la teoría cinético-molecular de la sustancia. En matemática, el concepto de grado de dificultad está diáfanamente enlazado con el tiempo que se necesita para solucionarlo; ejemplo convincente de ello son los problemas de P.Fermat y de D.Hilbert. Es cómodo construir la escala de dificultad y de rigurosidad de las soluciones sobre la base de diferentes deducciones de una misma fórmula. Cuando en el trabajo participan científicos de alto grado de idoneidad, podemos suponer con seguridad que cada deducción hecha a posteriori es más rigurosa que todas las que le precedieron. Tal consecutividad mantienen, por ejemplo, las deducciones de la fórmula para la presión del gas hechas primero por J.Joule y, después, por R.Clausius y J.Maxwell.

Estimo que ya ha llegado la hora de promover a un primer plano las cuestiones enumeradas para su discusión. Han de ser escuchadas diversas opiniones y probados diferentes enfoques. Las clasificaciones hechas apoyándose en un material histórico determinado, deben ser comprobadas sobre la base de otro material, tomado tanto de esa misma disciplina científica como de otras. Los historiadores de la ciencia deben elaborar su propio lenguaje específico, necesario para su trabajo.

Para comenzar, examinemos la definición diferenciada de descubrimiento según una serie de síntomas. Mi libro *Descubrimiento de las partículas elementales. El electrón y los fotones*, publicada en 1981, servirá de fuente principal de datos fácticos. En él, el lector encontrará la exposición de este mismo material, pero en un plano más vasto, como asimismo la remisión a las publicaciones originales. Por eso, en el presente artículo me limitaré a remitirme a las correspondientes páginas de este libro.

La más enjundiosa clasificación de los descubri-

mientos presentada en nuestra fuente, es la hecha según el grado de determinación, demostración directa, comunidad y colectividad. Casi el mismo juego de síntomas aparece a un primer plano también en la discusión abstracta del problema del descubrimiento. En efecto, descubrir quiere decir ver algo nuevo; pero eso nuevo puede verse de un modo completamente claro o a través de un velo de vaguedad; es posible descubrir lo nuevo de un modo directo, "tanteándolo" con las manos, pero también podemos deducir acerca de su existencia valiéndonos de una serie de hipótesis intermedias; el objeto de descubrimiento puede ser registrado tanto en un ejemplar único como en varios, puede hallarse sólo en un lugar como en otros muchos, etc.; por fin, el descubrimiento puede hacerse individualmente, pero también lo puede hacer un grupo de autores colectivamente, además, en el sentido lato de la palabra, o sea, cuando un investigador advierte un rasgo de lo nuevo, otro, otro rasgo, y un tercero dará la explicación correcta a lo observado. Por supuesto que se podría continuar la lista de diferentes síntomas del descubrimiento, pero todo lo arriba expuesto, por lo visto, abarca todos sus parámetros fundamentales.

Síntoma primero: grado de determinación

En el último cuarto del siglo XIX en la física de la descarga del gas era actual la cuestión sobre las propiedades eléctricas de los rayos catódicos: ¿llevan éstos carga, a semejanza del flujo de iones, o son neutros como, por ejemplo, el rayo luminoso? Era notorio que bajo la acción del campo magnético se produce la deflexión de los rayos catódicos, al igual que del flujo de iones; pero es verdad que el campo magnético influye también sobre el rayo luminoso, haciendo girar el plano de su polarización. Los experimentos de H.Hertz -realizados con el fin de observar la deflexión de los rayos catódicos en un campo eléctrico y la acumulación de la carga eléctrica en un blanco, sometido a la radiación de aquéllos- llevaron a la conclusión de la neutralidad eléctrica de los rayos catódicos, pero esta conclusión -siendo fenómeno singular y, tanto más, negativo-, lejos de solucionar el pro-

blema, tan solo aumentó la indeterminación. Sobre el fondo de esa indeterminación, los historiadores destacaron más tarde tres hechos.

En 1879, W.Crookes observó la disminución del tamaño de la sombra, proyectada por objetos interpuestos en la vía de los rayos catódicos, cuando esos objetos tenían una carga positiva, y el aumento de dicho tamaño, cuando la carga era negativa; el físico señaló que podría darse una explicación a ambos fenómenos en caso de que se atribuyera carga negativa a los rayos catódicos; en 1880, E.Goldstein experimentando con tubos con dos cátodos, advirtió que los rayos catódicos emanantes de un cátodo, se desvían de la trayectoria rectilínea cuando pasan cerca del segundo, o sea, se comportan como si entre ellos y el cátodo existiera una interacción eléctrica; en 1984,Ph.Lenard, al repetir en nuevas condiciones los mencionados experimentos de Hertz, obtuvo resultados positivos, tanto respecto de la carga del blanco (el blanco positivamente cargado perdía su potencial bajo la acción de los rayos catódicos con mayor rapidez que el blanco negativamente cargado), como respecto de la deflexión del haz catódico en el campo eléctrico[1].

A la luz del saber posterior, se hizo posible enlazar con esos tres acontecimientos la observación de los efectos debidos a que los rayos catódicos poseen carga eléctrica, y, por consiguiente, se hizo posible el descubrimiento de esta propiedad de los mismos. Pero en su tiempo, ninguno de los efectos observados fue interpretado de esa manera por los medios científicos, y en los dos casos últimos no convenció a los propios observadores. Un historiador de la ciencia debe, por lo visto, tener en cuenta el probable contenido objetivo de los experimentos y la reacción de la opinión científica ante ellos. En el caso dado, a mi modo de ver, es razonable admitir el carácter real de la observación de distintas manifestaciones de la propiedad en cuestión,pero cabe considerar que una observación insuficientemente determinada y, por ende, insuficientemente convincente, no posee valor decisivo en la ciencia. Denominemos un descubrimiento de este tipo con el término de "vago"[2]. Su sentido se hará más claro si lo enlazamos con el concepto de descubrimiento preciso, definitivo,de las propiedades eléctricas

de los rayos catódicos, atribuyendo éste a J.Perrin: en 1895, Perrin demostró que los rayos catódicos, al pasar por el cilindro de Faraday, lo cargan negativamente.

Nuestro juicio sobre el carácter del descubrimiento depende en medida considerable de la forma en que se hace la comunicación sobre él. Por regla general, los lectores de revistas científicas no tienen posibilidad de reproducir inmediatamente los experimentos durante los cuales se verificó el descubrimiento que les interesa; creen al autor, especialmente si éste goza de buena reputación y prestigio como científico. Resulta que la actitud de la comunidad científica hacia el descubrimiento se define, antes que nada, por la actitud hacia el mismo del propio descubridor. De acuerdo a esta representación, en los ejemplos aducidos, podemos formarnos una idea acerca del carácter vago de los descubrimientos, basándonos en el solo hecho de que Crookes informó de pasada sobre su observación, entre otras muchas comunicaciones; Goldstein, además, informó sobre su observación en una edición poco conocida y Lenard, en general, no lo hizo oportunamente[3]. Por el contrario, Perrin presentó la comunicación en forma precisa, consagrándola solo a dicho tema, y la publicó oportunamente en una revista prestigiosa y muy popular.

Los hechos, tomados de la historia del descubrimiento de los antiprotones galácticos, ilustran bien cuán importante es la forma de comunicar el descubrimiento. En 1979, un grupo de astrofísicos soviéticos (E.Bogomólov et al.) por primera vez demostraron la existencia de esas partículas elementales, pero comunicaron sobre esto en una conferencia, además, en un informe que resumió los trabajos de muchos años; de modo que dicho comunicado se perdió entre la multitud de hechos. De ahí que quedara completamente inadvertido. Más tarde, un resultado análogo fue obtenido por un grupo de astrofísicos norteamericanos (R.Golden et al.). Pero comunicaron sobre él en un informe bien claro, publicado en una revista de divulgación, atrayendo con ello la atención general hacia el descubrimiento. Surgió incluso una situación anormal. Los miembros del grupo soviético se vieron ante la necesidad de intervenir reiteradas veces en periódicos y

revistas de divulgación científica, defendiendo su prioridad en el descubrimiento de los antiprotones galácticos.

Se suele equiparar el trabajo del científico con un viaje a tierras ignotas. Podríamos añadir: tierras en las que predomina la niebla. Por eso lo nuevo se presenta ante el viajero como algo impreciso, vago. Pero la señalada vaguedad del cuadro observado puede obedecer tanto a la gran densidad de la niebla como a la imperfección de la vista.

De lo dicho se desprende que la clasificación de los descubrimientos según los conceptos de "vago" - "preciso", o bien según el grado de determinación, se basa en la medida en que el propio científico toma conciencia del contenido y el alcance científico de su descubrimiento. Respecto al descubrimiento "vago", podríamos decir que está más bien tanteado que realizado, o sea, que el científico que lo ha hecho, tan solo rozó lo nuevo sin dominarlo. Un descubrimiento preciso es un paso adelante, y un descubrimiento vago, tan solo medio paso. Por supuesto que podemos juzgar el que haya tenido lugar un descubrimiento vago tan solo desde la altura y a la luz del saber posterior; comprender un descubrimiento vago como descubrimiento significaría hacerlo preciso.Los autores de descubrimientos vagos se inclinan a hacer caso omiso de esa propiedad de los mismos, abonando con ello el terreno para las controversias en torno a la prioridad.Para comprender a posteriori esas controversias, tiene gran significado el estudio detallado de las publicaciones iniciales. Se han de tomar en consideración todos los matices,hasta las construcciones gramaticales de las oraciones y la sintaxis. El concepto de descubrimiento vago, ya de por sí, es una solución parcial del problema de las prioridades. Por regla general, cabe datar la adquisición de un nuevo saber con la fecha de su descubrimiento preciso. Nos atenemos a esta regla al decir que Perrin en 1895 estableció que los rayos catódicos tienen carga eléctrica y que un año más tarde, este hecho fue corroborado por Thomson.

La particularidad del proceso del conocimiento que hemos examinado se pone de manifiesto con particular fuerza en las disciplinas científicas que acaban de nacer. Por eso hemos de suponer que los esfuerzos gas-

tados por los historiadores de la ciencia para clasificar los descubrimientos según su grado de determinación, no serán vanos. El cometido de estos esfuerzos consiste en puntualizar el espectro de definiciones, en llenar el intervalo "lo vago - lo preciso" con "líneas" claramente determinadas, o sea, con conceptos relacionados a hechos concretos, claramente delineados, de la historia de la ciencia. Lo primero que procede hacer en este camino es encontrar tales hechos.

Síntoma segundo: grado de demostración directa

Se sabe que los electrones forman parte de los átomos donde están sometidos a la acción de campos extrínsecos y realizan transiciones a raíz de las cuales aparecen líneas espectrales. Por eso, al estudiar el cambio de las líneas espectrales que se produce bajo la influencia, por ejemplo, de un campo magnético, podemos -hablando en rasgos generales- formarnos cierta idea sobre las propiedades del electrón. Pero esta conclusión sobre el electrón con razón puede denominarse indirecta. Es sabido también que el haz catódico es un flujo de electrones. Se puede asimismo formar cierta idea sobre las propiedades del electrón,incidiendo sobre el haz catódico con campos eléctrico y magnético, así como estudiando su acción térmica y otras propiedades. Este juicio también será indirecto, pero el grado en que se revela su carácter indirecto es incomparablemente menor que en el caso precedente. Por eso, convencionalmente, denominemos dicho juicio como directo.

Ambas posibilidades de razonamiento mencionadas se materializaron en la historia del descubrimiento del electrón. Ya en 1880, H.Lorentz creó la teoría de la dispersión de la luz, suponiendo la existencia en los átomos de ligerísimas partículas cargadas, cuya interacción con los campos eléctrico y magnético de la onda luminosa es la que condiciona la refracción del rayo luminoso en la delimitación de medios de diferente densidad; por eso, cuando en 1896 P.Zeeman descubrió la acción del campo magnético sobre las líneas del espectro,utilizó los términos de la teoría de Lorentz para explicar el nuevo efecto ("efecto Zee-

man"). Lorentz y Zeeman conjuntamente indagaron este efecto hasta la definición de la carga específica de una hipotética partícula atómica. Resultó un valor de tres órdenes de magnitud superior que la carga específica de los iones electrolíticos[4]. El comienzo del estudio de los rayos catódicos también se ubica en los años 70 del siglo XIX, pero tan solo en 1897 E.Wiechert, tras haber definido la magnitud de la deflexión del haz catódico en el campo magnético y calculado la velocidad de propagación de los rayos catódicos -a partir de los resultados de su medición valiéndose del método del campo magnético fluctuante- obtuvo el valor de la carga específica de una hipotética partícula catódica, tres órdenes de magnitud mayor que las cargas específicas de los iones electrolíticos[5]. Ambas constataciones significaban el descubrimiento del electrón, pero mientras la primera -conforme a lo dicho anteriormente- la denominamos un descubrimiento indirecto, la Segunda, un descubrimiento directo.

Las comunicaciones de Zeeman y Wiechert sobre los valores por ellos obtenidos de la carga específica de las partículas hipotéticas están distanciados por un período menor a un mes. Sin embargo, ambas fechas se refieren a dos años diferentes. Esta circunstancia casual permite con facilidad subrayar la diferencia entre el descubrimiento indirecto y el directo, lo que hacemos al decir: el electrón fue descubierto de modo indirecto en 1896, y en 1897, de modo directo.

La causa evidente de la diferencia entre los dos descubrimientos mencionados del electrón según su grado de demostración directa es la diferente medida de accesibilidad del electrón como objeto de investigación: en un rayo catódico los electrones son casi visibles (por lo menos centellean, aunque es verdad que no ellos mismos, sino los átomos de gas excitados por ellos); en cambio, en un cuerpo sólido están profundamente ocultos.Los electrones son accesibles en igual medida en un haz catódico, en la corriente fotoeléctrica, en el efecto Edison, en la irradiación de los cuerpos radiactivos, etc. Ante todo, a ello se debe, sin duda, el hecho de que en todas esas irradiaciones los electrones fueron descubiertos en los tres años posteriores a su descubrimiento en los

rayos catódicos[6]. Parecería que por esa misma razón el descubrimiento del electrón en irradiaciones -o sea, un descubrimiento directo- debía haber sucedido antes que en los átomos. Probablemente, así habría ocurrido en la realidad si el orden natural de sucesión de los acontecimientos no se hubiera alterado a raíz del descubrimiento del efecto Zeeman el cual, diríase, se interpuso en ella. Dicho efecto permitió "extraer" los conocimientos desde lo más hondo del átomo, también entre ellos las nociones acerca del electrón. A juzgar por todo, sin el descubrimiento del efecto Zeeman el descubrimiento de los electrones atómicos se habría realizado mucho más tarde, en todo caso, después del descubrimiento directo del electrón. En cuanto al grado de accesibilidad, los electrones atómicos son afines a los electrones que producen corriente eléctrica en los metales; pero la existencia de electrones en los metales fue demostrada tan solo al cabo de 20 años (R.Tolman, T.Stuart, 1916).

Puesto que los electrones que producen corriente eléctrica en los metales, son libres, mientras que los electrones atómicos se hallan en estado de cohesión, surge la posibilidad de definir los descubrimientos del electrón -en tanto que partículas catódica, de corriente eléctrica y atómica, respectivamente-, como descubrimiento directo, semidirecto o semiindirecto e indirecto. En todo caso, cuanto más esté oculto el objeto de estudio, tanto mayor es el grado de demostración indirecta de su descubrimiento.

Quizás, en ninguna parte se ha pasado por tantos grados de demostración indirecta como en la historia del descubrimiento de los elementos químicos. Inicialmente, el descubrimiento de un elemento no se concebía sino tan solo de un modo directo, es decir, por medio de su separación en cantidades macroscópicas, medición de su peso, etc. Al elaborarse el análisis espectral, se hizo posible descubrir elementos presentes en cantidades microscópicas. Los primeros elementos descubiertos de esta manera -ya de un modo indirecto-, fueron el cesio y el rubidio (R.Bunsen y G.Kirchhof, 1860). A fines del siglo XIX, en el proceso de estudio de la radiactividad, obtuvo "carta de ciudadanía" el método de descubrimiento de los elementos radiactivos por su irradiación. Dicho método no requería que la sustancia

estuviera presente ni siquiera en la cantidad indispensable para el análisis espectral. En este sentido, el método radiactivo de descubrimiento era indirecto en todavía mayor medida que el espectral. El primero entre los elementos, descubierto con el método radiactivo, es el polonio (María y Pierre Curie, 1898). En los últimos años, se ha logrado cierto límite en este camino, durante la síntesis de los elementos transuránicos, cuando se podía concluir sobre la existencia de uno u otro isótopo por los datos de tan solo uno o dos átomos. Así fue, por ejemplo, descubierto el isótopo^{260} del Ku^{104} (I.Zwara et al., 1966).

Junto con el análisis espectral, en física aparecieron descubrimientos indirectos por otro síntoma: la distancia hasta el objeto. En esencia, la aplicabilidad de este método no depende de que el objeto se encuentre dentro de nuestros límites de accesibilidad o esté alejado. Esto se dejó sentir en plena medida cuando fue descubierto el helio en el Sol (P.J.Janssen y J.N.Lockyer, 1868). Dicho descubrimiento se puede con razón llamar doblemente indirecto. El carácter indirecto de este descubrimiento, debido a la larga distancia, fue eliminado cuando el helio fue descubierto en la Tierra (W.Ramsay, comienzos de 1895). En este ultimo descubrimiento, el recipiente con helio se podía tocar con las manos, pero el método de su análisis seguía siendo espectral como antes, o sea, se concluía sobre la existencia de un elemento nuevo por el trazado de las líneas del espectro. Este descubrimiento dejó de ser indirecto, pasando a ser directo, tras haberse medido la densidad del nuevo gas (W.Ramsay, mediados de 1895). Así pues, el descubrimiento del helio pasó por tres grados de demostración indirecta, y el hecho de que el primer grado no constituyó un descubrimiento directo, vuelve a recordar la diversidad de causas que definen el desarrollo de la ciencia.

En la física de las partículas elementales, la divisoria principal entre lo directo y lo indirecto pasa entre lo cargado y lo neutro. Esto se debe a que todos los aparatos de medición -cámaras, contadores, dispositivos con emulsión fotográfica- registran de un modo directo tan solo las partículas cargadas. Se juzga sobre las partículas neutras por la influencia que ejercen sobre las partículas cargadas, pero por

sí mismas son invisibles. Parecería por ello que el descubrimiento de las partículas elementales cargadas debiera preceder al de las neutras. En cierto sentido, esta expectativa se verifica en la práctica: por ejemplo, de los cuatro tipos fundamentales de partículas elementales -entre las cuales figuran dos con carga, el protón y el electrón, y dos neutras, el neutrón y el fotón- primeramente fueron descubiertas las dos primeras. Sin embargo, el carácter oculto que tuvo el descubrimiento del protón como ión electrolítico del hidrógeno (G.Stoney, 1881), por una parte, y la corta distancia temporal entre el descubrimiento del electrón y el del fotón que le siguió al poco tiempo (Max Planck, 1900), por otra, en medida considerable hacen dicha consecutividad formal.

En otras palabras, el proceso de descubrimiento de las partículas elementales estuvo condicionado no solo por el grado de observabilidad. Es demostrativa, en este sentido, la suerte que corrieron el neutrón y el positrón: ambos fueron descubiertos en 1932 (por J.Chadwick y C.Anderson, respectivamente), siendo el descubrimiento de la partícula neutra medio año anterior al de la cargada. En lo sucesivo se registraron también alteraciones análogas en la consecutividad natural de los descubrimientos. Basta decir que en la lista de partículas relativamente estables, la última que se descubrió fue una partícula cargada: el Ω-hiperón (W.Barnes et al., 1964). Este hecho es tanto más significativo por cuanto el descubrimiento de una de las partículas neutras -el mesón-π^{0}- revestía carácter doblemente indirecto: se concluyó la existencia de un mesón neutro observando los pares electrón-positrón, los cuales -según se suponía- fueron generados por fotones, y éstos, a su vez, fueron formados durante la fisión del mesón neutro.

Las conclusiones sobre las partículas neutras se extraen de los datos sobre las partículas cargadas valiéndose de las leyes de la conservación. De modo que dichas leyes son verdaderos vehículos de la demostración indirecta, un puente entre lo visible y lo invisible. En los ejemplos precedentes un papel análogo desempeñaba la correspondencia univalente entre las propiedades espectrales y radiactivas de la substancia, por un lado, y las demás propiedades físicas

y químicas, por otro. En todos los casos los "puentecillos" se fortalecían poco a poco. Ya a mediados del siglo pasado no había seguridad de que se conservara incluso una magnitud como la energía; tan solo en la segunda mitad del siglo pasado, se obtuvo la seguridad en la eficiencia del análisis espectral, y el método radiactivo comenzó a utilizarse tan solo a finales del mismo. Actualmente, todas las conclusiones que se hacen con ayuda de esos métodos, han perdido prácticamente su carácter hipotético. El saber indirecto resultó ser no menos seguro que el directo. De no existir esta peculiaridad del proceso de cognición, la ciencia en el sentido contemporáneo de la palabra no existiría y el hombre estaría condenado a satisfacerse con la experiencia del empirismo vulgar. En esencia, es en ese terreno en que se deslizara A.Comte y sigue "resbalando" el filisteo de nuestros días al no creer que se puede medir el peso del planeta y del átomo con la misma exactitud y seguridad que una hogaza de pan.

El descubrimiento del dualismo ondulatorio-corpuscular de la materia (L.de Broglie, 1923) enriqueció la categoría de la demostración indirecta con un contenido nuevo. Por ejemplo, el fotón como tal, además de que nadie lo ha observado, de acuerdo al principio de la complementariedad, no es susceptible de observación en general. Se puede observar tan solo algunos de sus aspectos. Quiere decir que el descubrimiento del fotón, al igual que el de otros microcorpúsculos, necesariamente ha sido y será para siempre indirecto por principio. Mientras anteriormente la posibilidad de la demostración indirecta aparecía como una propiedad temporal o, por lo menos, se podría esperar que más tarde se superara de uno u otro modo, hoy día se reconoce insuperable; mientras en el pasado el saber indirecto tan solo ensanchaba el área de la ciencia, actualmente amenaza con convertirse en un saber preponderante, y -lo principal- en un saber, cuya parte mínima son las constataciones directas. Además, al reconocer la no observabilidad del objeto de investigación en su conjunto, se puede proseguir, reconociendo también la no observabilidad de algunos aspectos del mismo. Algo semejante vemos en la representación sobre microbjetos tales como los quarks y los gluones, si admitimos que no existen en forma libre. Dada esta

condición, se trata tan solo de cuerpos materiales potenciales que no existen realmente, aunque hipotéticamente, forman partículas elementales realmente existentes. En nuestros días, el destino de estos conceptos no está claro. Pero ya se puede advertir que, probablemente, tan solo, valiéndose de ellos, se logrará romper la cadena de "matrioshkas", que arrastra el pensamiento a la infinidad "estúpida", ya que, por lo visto, es inútil hablar sobre la estructura interna de algo que no existe en realidad. El pensamiento de un físico de nuestros días converge en este terreno con la conjetura de Epicuro quien construía átomos a partir de los "ínfimos" inexistentes en estado libre, confirmando de este modo la tesis sobre el nexo de sucesión -a través de los siglos- que existe entre la filosofía antigua de la naturaleza y las ciencias naturales contemporáneas.

Desde los pseudocorpúsculos del tipo de los quarks y los gluones hasta los cosas que podemos tocar con las manos: tal es el diapasón de objetos de que tratan las ciencias naturales contemporáneas, cuando los clasificamos por el grado de demostración directa de sus descubrimientos.

Síntoma tercero: grado de comunidad

Zeeman y Lorentz descubrieron el electrón en su hipóstasis de la partícula atómica. Tanto después de su descubrimiento como antes de él, no se podía decir nada determinado sobre la naturaleza de la corriente eléctrica en los metales, de los rayos catódicos, etc., incluso si se admitía la hipótesis corpuscular de esos fenómenos. Wiechert descubrió el electrón en su hipóstasis de la partícula catódica. Dicha partícula podía originarse tanto por la substancia del cátodo como por el gas residual del tubo de descarga. Puesto que Wiechert experimentaba con un tubo único, no estaba claro qué proporcionarían experimentos con otros tubos. Fue Thomson quien realizó experimentos con tubos con diferentes gases. En todos los casos obtuvo magnitudes aproximadamente iguales para la carga específica de las partículas catódicas[7]. Dado que en sus experimentos la elección de los gases era casual, no había razones para dudar de que la medición con cualquier otro gas

brindara el mismo resultado. Pero, ¿cuáles serían los resultados de mediciones con cátodos hechos de distintos materiales? Los experimentos con diferentes cátodos (y diferentes gases que llenaban el tubo de descarga) los realizó Kaufmann. Obtuvo valores de la carga específica muy afines entre sí[8]. El descubrimiento de una partícula catódica común fue un hecho demostrado. Pero todavía quedaba por resolver el problema de la naturaleza de la corriente fotoeléctrica, de la radiación Edison, de los rayos Lenard, etc. A medida que el estudio de esos fenómenos, uno tras otro, proporcionaba un mismo valor de la carga específica, el descubrimiento del electrón iba cobrando carácter de descubrimiento de una partícula universal[9].

Si analizamos con mayor atención nuestra representación sobre el electrón advertimos que lleva implícita no solo el síntoma de su diferencia sustancial respecto a los iones en cuanto a su masa, sino también el de universalidad. A cada tipo de substancia le corresponde su propio ion, pero un mismo electrón es inherente a todos los tipos de substancias. Hoy día esta representación es habitual y parece casi evidente de por sí, pero a finales del siglo XIX no se percibía como tal. Ejemplo convincente de ello es el incidente con los experimentos mencionados de Kaufmann. Según ya se dijo, dichos experimentos proporcionaron varios resultados iguales. Puesto que los gases y los metales en los tubos eran diferentes -siendo cada uno de ellos caracterizado por diferentes iones-, Kaufmann dedujo la insuficiencia de la hipótesis corpuscular de los rayos catódicos. Por consiguiente, no admitía la idea de la existencia de una partícula universal. El afianzamiento de esta idea fue un logro de no poca importancia para la ciencia. Al mismo tiempo, a finales del siglo XIX esta idea no era algo nuevo: la encontramos, por ejemplo, en la hipótesis de Prout, expuesta ya a comienzos del siglo pasado. En general, el trabajo de un experimentador está acompañado, por lo común, de abundantes ideas, y debido a ello, en parte, a veces es difícil comprender cuál de ellas se realiza en el experimento dado.

En la obra de Zeeman, sobre la partícula atómica, todavía no está presente la idea de la universalidad; tampoco está presente en el experimento de Wiechert

sobre la partícula catódica; por primera vez aparece en el trabajo de Thomson, gracias a que en éste se combinaron los resultados del autor, obtenidos durante la investigación de los rayos catódicos, con los resultados obtenidos al investigar el efecto Zeeman. Thomson publicó este trabajo en abril de 1897.

Tras haber identificado la partícula atómica con la catódica, se las identificó con la fotoeléctrica, con la termoelectrónica, con la partícula beta, etc. Pasados varios decenios, los electrones fueron descubiertos en la hipóstasis de las partículas que se forman de la energía electromagnética (de los fotones) y de las partículas que emergen durante la fisión de partículas elementales más pesadas. No está excluido que en el futuro tenga lugar el descubrimiento de otras hipóstasis del electrón, desconocidas aún. Nada en el mundo material puede competir con el electrón en cuanto a su omnipresencia; en éste, con mayor plenitud que en cualquier otro "ladrillito" real de la materia, se verifican las palabras de Isaak Newton sobre la naturaleza, que no se permite el lujo de presentar diversidad de causas.

La idea contemporánea del electrón está integrada por otro componente más: la de la carga equivalente por su módulo a la carga del protón y de las demás partículas elementales cargadas, o sea, la idea de la carga elemental. Actualmente, la carga elemental es un rasgo sustancial que define el carácter elemental de las partículas cargadas. Esto hace que relacionemos el descubrimiento del electrón como partícula elemental con la definición de su carga, siendo esta definición precedida por la de la carga de los iones (Townsend, Thomson, 1898); por eso, revistió un carácter relativo, es decir, en esencia, se constató que coincidían la magnitud de la carga electrónica con la magnitud inversa de la carga protónica. Esta medición la realizó Thomson en 1899.

Otro rasgo común del electrón y el síntoma de su carácter elemental es el spin. De los cuatro "ladrillos" fundamentales del mundo, tres -el electrón, el protón y el neutrón- tienen el spin equivalente a h/2 (medio spin), mientras que el cuarto -el fotón-, h (un spin entero). Sin embargo, las circunstancias que precedieron el esclarecimiento del spin electrónico, des-

cartan la posibilidad de incluirlas en la historia del descubrimiento del electrón. En primer término, el concepto de spin apareció después de haberse terminado de formar el concepto de electrón; en segundo término, la definición del spin del electrón era, al mismo tiempo, la del propio concepto de spin (W.Pauli, 1924). Más tarde fueron definidos el spin del protón (D.Dennison, 1927), el del fotón (Raman y Bhagavantam, 1931) y el del neutrón (J.Schwinger, 1937). Al igual que la definición del carácter elemental de las partículas según su carga fue un elemento de la historia del electrón, la definición análoga a partir del spin devino un elemento de la historia del neutrón.

El concepto de lo común es un concepto general de la ciencia. En todas las ciencias naturales contemporáneas no habrá un postulado capaz de ser utilizado y válido tan solo en un caso concreto. Este tipo de comunidad es un factor sustancial de la propia definición de la ciencia. Dicha comunidad consolida nuestros conocimientos sobre la naturaleza, convirtiéndolos en un saber íntegro. Por eso, la síntesis es una etapa *sine qua non* de la cognición, etapa que sustituye un descubrimiento original o la introducción de un concepto nuevo. Una vez comenzado el proceso de síntesis, en general, nunca termina; su fórmula es la función monótona del tiempo. Sin embargo, esto no nos priva de la posibilidad de advertir en dicho proceso diferentes etapas y destacar puntos nodales. Cabe tan solo someter el material histórico a un análisis bastante detallado. De acuerdo con lo expuesto anteriormente, es conveniente enlazar los dos primeros puntos nodales en la historia del descubrimiento del electrón con los trabajos de Thomson de 1897 (descubrimiento del electrón como partícula universal) y de 1899 (descubrimiento del electrón como partícula elemental).

Para concluir, advirtamos que los trabajos mencionados de Wiechert, Thomson y de Kaufmann estuvieron dedicados a un mismo tema: el estudio de los rayos catódicos, en particular, a la medición de la carga específica de las partículas catódicas; pero, como hemos señalado ya, diferían en cuanto al grado de solidez, por cuanto Wiechert utilizó un solo tubo, Thomson, varios tubos con diferentes gases, y Kaufmann, tubos con diferentes gases y provistos de cátodos

hechos de diferente material. Por eso, Wiechert pudo hacer constar la desviación de la magnitud de la carga específica respecto de su valor electrolítico; Thomson, además, pudo comparar los valores de la carga específica para diferentes gases, y Kaufmann -como complemento a todo esto- también para distintos cátodos. Teniendo en cuenta la diferencia entre los experimentos por el grado de su solidez, podemos afirmar que el resultado de Wiechert era inseguro, el de Thomson, seguro, y el de Kaufmann, todavía más seguro.

Síntoma cuarto: el grado de colectividad

Cada científico se apoya en el trabajo de sus predecesores cuyos resultados siempre están presentes en sus estudios. Pero este lugar común no nos exime de la necesidad de distinguir entre los predecesores a los importantes y a los de poca monta, a los lejanos y próximos, a los generales y particulares. Cabe separar en un grupo aparte y -bajo determinadas circunstancias- hasta considerar como coautores a aquellos con quienes un científico dado mantenía estrechos contactos espirituales, estando indudablemente influenciado por ellos.

Wiechert y Thomson sacaron sus conclusiones sobre la existencia de la partícula catódica, única en su género, no solo basándose en los resultados de sus propios experimentos, sino también en algunos trabajos tempranos de Ph.Lenard. Este último procuró orientar los rayos catódicos fuera del tubo de descarga del gas,haciéndolos pasar a través de finos "ventanillos" metálicos. Al estudiar los rayos salidos del tubo, estableció, entre otras cosas, que la capacidad de pasar a través de una substancia depende tan solo de la densidad de la misma, y no de su naturaleza química ni de su estado de agregación[10]. De ahí que se pudiera concluir que los rayos estudiados por Lenard eran un agente de naturaleza subatómica. Esa fue la conclusión que hicieron los mencionados científicos, corroborándola con resultados de sus mediciones de la carga específica de las partículas catódicas[11].

La apelación que hicieron Wiechert y Thomson al trabajo de Lenard, satisface, a mi modo de ver, la

definición de colaboración dada anteriormente. En todo caso, hay fundamentos para considerar a Lenard como coautor de Wiechert y Thomson y, correspondientemente, considerar dichos descubrimientos actos colectivos. Así pues, el descubrimiento del electrón deviene un proceso que duró de 1894 a 1897.

El trabajo de Lenard, a su vez, estuvo precedido por otras investigaciones que de una u otra manera incidieron en el mismo -por ejemplo, los experimentos con rayos catódicos que realizó A.Schuster en 1890-, pero éstas no tenían una relación tan directa con el descubrimiento del electrón como los resultados obtenidos por Lenard, en la interpretación dada por Wiechert y Thomson. Esto permite romper el proceso de conocimiento, ininterrumpido por su esencia, considerando el trabajo de Lenard como primera fecha bastante precisa del descubrimiento del electrón. En cuanto a las investigaciones con el electrón que siguieron en pos de los trabajos de Wiechert y de Thomson, según todos los síntomas deben catalogarse entre las consecuencias de dicho descubrimiento. De modo que la fecha definitiva del descubrimiento también se ubica con bastante precisión. Recordemos que se trata del electrón como partícula universal.

No suscita duda el carácter colectivo de un descubrimiento -y de cualquier trabajo científico- si la publicación en que se exponen los resultados del trabajo realizado está firmada por varios nombres (en caso de que no se infrinja la ética). El establecimiento del carácter colectivo del descubrimiento, en el sentido que discutimos, por el contrario, es un problema histórico-científico que puede resolverse de un modo no univalente. Ambas formas de colectividad fácilmente pasan de una a otra, y el predominio de una de ellas es un índice determinado de organización de la ciencia en una época concreta. Por ejemplo, en los albores de la física nuclear, en los años 30, un grupo de científicos (experimentadores) proporcionaban datos sobre la sección de interacción en cierta zona de energía, y los resultados de su tratamiento por fases los proporcionaba otro grupo (teóricos); en cambio, en los años 50 en la física de los rayos cósmicos y en la de las antipartículas un mismo grupo de composición mixta realizaba todas las mediciones y la inter-

pretación de los datos. El concepto de carácter colectivo de un descubrimiento da pie al problema de cómo definir el grado de participación de los miembros de la colectividad en el trabajo común. La solución de este problema casi siempre choca con grandes dificultades. No por casualidad en este campo ha crecido no poca cizaña. Equivocaciones surgían incluso en el caso en que los autores del artículo, habiendo expresado su gratitud a ciertas personas o señalado de uno u otro modo su participación en el trabajo (siendo dichas personas también miembros de la colectividad, aunque su participación fuera algo menor), más tarde, en sus memorias sobre el trabajo realizado, solían olvidarse de hacer mención de ellas. Precisamente sobre terreno análogo surgió una causa judicial demandada por Piccione contra O.Chamberlain y E.Segre como autores de la historia del descubrimiento del antiprotón. Por eso cabe aplaudir y estimular cualquier tentativa de poner en claro la participación en un descubrimiento colectivo. También nosotros quisiéramos decir algunas palabras al respecto, basándonos en el material histórico de que disponemos e interpretándolo en los polos de la dicotomía del descubrimiento: "lo inseguro - lo seguro".

Lenard no supo dar una explicación correcta a sus experimentos con rayos catódicos emitidos de un tubo de descarga. Interpretaba estos rayos como procesos en el éter. Pero incluso si hubiera explicado sus experimentos en conceptos de la hipótesis corpuscular -o bien si lo hubiera hecho otro científico cualquiera, basándose tan solo en los resultados de esos experimentos-, por lo visto, relacionaríamos con el trabajo de Lenard únicamente el descubrimiento muy inseguro del electrón. La combinación de los resultados, obtenidos por Lenard, con los de Wiechert y Thomson elevaron el nivel de fiabilidad de las deducciones que se podía hacer a partir solo de esos últimos trabajos. Anteriormente, hemos denominado este tipo de deducciones, respectivamente, como insegura (versátil) y segura. Las deducciones generalizadas se podrían denominar como la relativamente segura y la muy segura.

Al hablar de los trabajos de Lorentz y de Zeeman, por primera vez nos hemos encontrado en el presente artículo con un descubrimiento colectivo. A pesar de

que no publicaron un artículo conjunto dedicado a ese problema, cada uno de ellos en sus publicaciones se remitía al otro, quedando claro que cumplían un trabajo conjunto, con la particularidad de que Zeeman hacía la parte experimental del trabajo y Lorentz,la teórica. Durante el descubrimiento del electrón como partícula atómica se requirió el trabajo de un teórico,en virtud del carácter indirecto de dicho descubrimiento; en cambio, todos los participantes en el descubrimiento del electrón como partícula catódica, lenardiana, fotoeléctrica, etc., o sea, en el descubrimiento directo del electrón, son experimentadores.

A medida que aumentaba el grado de comunidad del descubrimiento del electrón, crecía el número de participantes en el mismo. Mientras Lorentz y Zeeman descubrieron el electrón como partícula atómica, los primeros descubridores del electrón como partícula atómica y catódica fueron, además de ellos, Wiechert y Thomson; entre los autores del descubrimiento del electrón como partícula atómica, catódica y lenardiana figura el nombre de Lenard, y entre los autores del descubrimiento del electrón como partícula atómica, catódica, lenardiana y beta, también figura el nombre de H.Becquerel, etc.[12]. Por consiguiente, conjuntamente con el aumento del grado de comunidad del descubrimiento aumentaba también su carácter colectivo. Este último proceso transcurría, empero, con mayor lentitud que el primero, ya que algunos investigadores descubrían el electrón en varias hipóstasis del mismo, por ejemplo, Thomson lo descubrió como partícula catódica, fotoeléctrica y termoelectrónica. La esencia de esta regularidad no varía si hablamos no sobre el descubrimiento del electrón en nuevas hipóstasis, sino sobre el descubrimiento de nuevas hipóstasis del mismo. Como ya hemos señalado, dicho proceso continúa hasta la fecha. Quiere decir que el carácter colectivo, al igual que la comunidad del descubrimiento, son atributos imprescindibles del progreso científico: el primero, en virtud de su larga duración, y la segunda, a raíz del carácter ahorrativo de la naturaleza, hecho advertido por Newton.

x x x

Retornando a lo dicho sobre el descubrimiento del electrón (véase el comienzo del presente artículo), veremos que, en uno u otro sentido, todos los científicos de los que se hacía mención, integraron el grupo de autores del descubrimiento del electrón, menos Kaufmann, a quien no incluimos en la lista de éstos. Para formar parte de dicho grupo, debía haber interpretado correctamente los resultados de sus experimentos. Habría formado parte de ese grupo -por el carácter colectivo del descubrimiento- también en el caso de que alguien hubiera interpretado sus resultados antes de que se hiciera público el descubrimiento del electrón hecho por Thomson. Pero tampoco esto ocurrió. Al mismo tiempo, el trabajo de Kaufmann, por supuesto, no pasó desapercibido en la ciencia: sus resultados fueron una confirmación valiosa de que el descubrimiento realizado era justo. El incidente acaecido con el trabajo de Kaufmann, en esta interpretación, puede servir de ilustración de la verdad de que en la ciencia el dar a conocer nuevos hechos, incluso los más relevantes no significa aún hacer un.descubrimiento. El descubrimiento es un conjunto consistente en la constatación de un hecho nuevo y de su explicación correcta.Los hechos nuevos tan solo aumentan el volumen del saber, pero la ciencia no es simplemente saber, sino saber sistémico. Prácticamente siempre, los físicos contemporáneos, además de comunicar sobre los hechos nuevos, les dan su propia interpretación. Ya sabemos que Kaufmann también procedió así: a partir de los resultados de su trabajo extrajo la conclusión sobre la insuficiencia de la hipótesis corpuscular de los rayos catódicos. De ahí que se pueda hablar de descubrimientos y de pseudodescubrimientos. La ciencia va formándose, por preferencia, de los descubrimientos, y las representaciones erróneas siempre son elementos ajenos y pasajeros. Se puede añadir a lo anteriormente dicho: la ciencia no es simplemente saber ni tampoco saber sistémico; la ciencia es saber auténtico.

---

[1] A.N.Viáltsev. *Descubrimiento de las partículas elementales. El electrón y los fotones*, Moscú, 1981, pág. 43 (en ruso).

[2] El término "indeterminado", que aquí se sobrentiende lo introduje anteriormente para definir los descubrimientos según otro síntoma: el carácter de la información sobre el descubrimiento realizado, siendo elegido como patrón de un descubrimiento indeterminado la comunicación sobre el descubrimiento del actinio-X, hecha por Giesel en 1904.

[3] Al mismo tiempo, los informes de Crookes y de Goldstein, así como la confesión posterior de Lenard son bastante determinantes para no suscitar dudas de que fueron hechos precisamente descubrimientos vagos. O sea, se trata de descubrimientos definidamente vagos ("definidamente indeterminados"). Según nuestra terminología, por lo visto, no se puede juzgar si un descubrimiento es preciso o vago.

[4] A.N.Viáltsev, *Ob. cit.*, pág. 40.

[5] Ibid., pág. 53.

[6] Ibid., pág. 65.

[7] Ibid., pág. 56.

[8] Ibid., pág. 51.

[9] Ibid., pág. 74.

[10] Ibid., pág. 59.

[11] Ibid., pág. 60.

[12] Ibid., pág. 65.

FUNCIONES INTEGRANTES DE LA BIOLOGIA FISICO-QUIMICA

Alexéi Shamin,
doctor en Ciencias
Químicas

En el cuarto del siglo transcurrido -lapso muy corto si partimos de las habituales evaluaciones históricas-, en las ciencias naturales se han operado transformaciones vertiginosas. Nuevos descubrimientos que sorprenden la imaginación conllevaron el planteamiento de problemas nuevos. Se abrieron horizontes ilimitados a la aplicación práctica del nuevo conocimiento. Correlativamente cambió también la estructura de la ciencia que adquiere cada vez un carácter más problemático. Todos estos cambios en gran medida están ligados a impresionantes adelantos de la biología que la pusieron en la vanguardia del progreso científico.

Se puede asegurar que la atmósfera ideológica actualmente reinante en la ciencia se define cada vez más por la biología. Elabora su propio y nuevo estilo de pensar que ejerce cada vez mayor influencia en el estilo del pensamiento científico en general no solo en las ciencias naturales sino también en las humanísticas.

Fue la estructura de las ciencias biológicas la que experimentó los mayores cambios dentro de las ciencias naturales. En el pasado, en la tríada de las ciencias naturales fundamentales a la biología se le rendía tributo más bien debido a su contenido y objetivos que a sus resultados. Actualmente, las ciencias biológicas tienen diferencias de principios respecto a la biología del siglo XIX e incluso a la biología de la primera mitad del siglo XX. El mecanismo de estos cambios reviste gran interés y se ha convertido en objeto de un minucioso estudio. En un principio, estos cambios se explicaron como sustitución de la fase extensiva del desarrollo de la biología posdarvinista por la fase experimental intensiva, en el marco de la cual se

formaron la genética clásica y la bioquímica y que acercó la biología al "umbral biológico-molecular" implicando una nueva fase extensiva.

Por fase intensiva se sobrentiende una profundización sustancial del conocimiento, la introducción de nuevas nociones y/o la profundización de las antig as, mientras que por fase extensiva se entiende la ampliación del conocimiento ya obtenido, o sea un aumento del volumen de los conceptos y su extensión a muchos objetos.

Creemos, sin embargo, que los cambios operados en biología son mucho más profundos y de carácter revolucionario; que la biología clásica descriptiva y explicativa por su carácter fue sustituida por la biología no clásica, con una tendencia bien marcada hacia la formación de nuevos fundamentos teóricos con amplios límites de comunidad: de la célula al organismo y más adelante, a las comunidaded de organismos. El papel dominante en este proceso lo desempeña un nuevo complejo orientador, toda una esfera del conocimiento surgida en la zona de interacción de la química y la biología. Esta esfera se denominó biología físico-química y agrupó la bioquímica, la biofísica, la química bioorgánica, la biología y la genética moleculares, una serie de orientaciones en inmunobiología, virología, microbiología, citología y otras ciencias. De la química heredó la seguridad en el experimento, la precisión y demostrabilidad de los métodos analíticos, sintéticos y cinéticos; de la física, la variedad del arsenal de métodos de estudio de la materia; la conexión con las matemáticas aseguró la precisión, rapidez y plenitud del procesamiento de los resultados, la universalidad e independencia de enfoques y evaluaciones. Es de notar que la biología físico-química no solo mantuvo, sino que amplió el carácter noble de sus objetivos, la complejidad de las tareas, el romanticismo de las ideas y la variedad de objetos de investigación inherentes a la biología en general. La fusión orgánica de estos sumandos, precisamente, dio comienzo a una esfera cualitativamente nueva en la ciencia del mundo de lo vivo.

Importa destacar que las investigaciones experimentales y teóricas de biólogos (ante todo representantes de la biología físico-química) evidentemente adelantan el ritmo actual de desarrollo de la ciencia. Gracias a

esto, la biología -tras la física y la química- se incorporó al proceso de la revolución científico-técnica. En el marco de la revolución científico-técnica adquieren una importancia especial los elementos estructurales aplicados de la biología físico-química materializados en la biotecnología e investigaciones médico-biológicas. La biología físico-química no solo ayuda a resolver problemas planteados ante la biología por el proceso tecnológico de producción y la medicina, sino que traza nuevas orientaciones en el desarrollo de la misma biotecnología (cuya aparición es una de las manifestaciones de la incorporación de la biología en la revolución científico-técnica) y nuevas vías antes imprevisibles para la agricultura y la medicina prácticas. Ayuda a la práctica a asimilar orientaciones imposibles de serlo sin una previa investigación científica frontal de toda una nueva esfera de la naturaleza que apenas había sido incluida en el círculo de la actividad cognoscitiva y práctica del hombre, según escribe B.Kédrov.

¿A qué obedecen los cambios revolucionarios en biología? En primer término al progreso de la bioquímica y la genética y, posteriormente, a la formación de la biología físico-química. Destaquemos que fue un proceso histórico prolongado, una alternación de destacados adelantos que vertiginosamente culminó ante nuestros ojos. La biología moderna es, ante todo, una ciencia experimental. Mas no se formó como tal en un instante, y fueron los físicos y químicos los que, insatisfechos del lento ritmo de formación del experimento biológico y, por consiguiente, de formación de las bases teóricas de la biología, desde hacía mucho tiempo pretendían jugar un papel rector en su progreso. Ya en el siglo pasado los físicos vieron en la mecánica clásica la base no solo de la física sino también de todas las ciencias naturales.

La física contemporánea respondió en plena medida a esta seguridad. Albert Einstein puntualizó al respecto que mediante una deducción puramente lógica de los alineamientos que forman la base de las lucubraciones mentales de la física teórica general, se podría presentar el cuadro completo -o sea, la teoría de todos los fenómenos de la naturaleza, incluida la vida-, si este proceso de deducción no rebasara

tanto los límites de la posibilidad creadora del pensamiento teórico. Desde luego, más tarde reconoció que no era posible estructurar el pronóstico teórico de un fenómeno como la vida basándose solo en los principios fundamentales de la física, si el propio hombre no fuera su "demostración experimental".

En la actualidad no son pocos los físicos prestos a rechazar tales reservas aludiendo al progreso de la técnica de cómputo y ninguno de ellos pondrá en tela de juicio que las leyes fundamentales de la naturaleza son propias únicamente del micromundo. Richard Feynman escribía, en particular, que si nos pidieran destacar el planteamiento fundamental que en la actualidad hace avanzar la biología en sus intentos de concebir los fenómenos de la vida, deberíamos decir que todos los cuerpos se componen de átomos y que todos los procesos que se operan en los cuerpos vivos pueden comprenderse en el lenguaje de los movimientos de los átomos que se realizan en concordancia con las leyes físicas. Este planteamiento está aprobado en la actualidad en todas partes y beneficia mucho la biología dando origen a nuevas ideas.

Al dejar la idea del "fundamentalismo físico" bajo responsabilidad de los físicos y sin entrar en la discusión del principio de reducción, destaquemos que los biólogos contemporáneos -incluso los biofísicos y bioquímicos- consideran que el propio sentido de las investigaciones biológicas se pierde en niveles inferiores al molecular. Las moléculas más complejas para el químico -albúminas y ácidos nucleicos-, son sistemas simplísimos para el biólogo puesto que su mayor simplificación implica la pérdida de las propiedades biológicas. En otros términos, si bien puede existir la biología molecular, es absurdo hablar de biología submolecular, atómica o cuántica.

El reduccionismo -como instrumento de investigación- desempeñó a la vez, un importante papel en la preparación de los cambios revolucionarios que sufrió la biología. He aquí por qué la puesta en práctica de los programas reduccionistas (había no pocas) llevó a que el papel rector en la revolución operada en biología lo desempeñaran los químicos o aquellos biólogos quienes, de grado o por fuerza, consciente o inconscientemente, no empleaban simplemente los métodos de la quí-

mica para analizar objetos biológicos, sino que aprendían a "pensar como químicos".

Los biólogos más perspicaces habían comprendido (o sentido) desde hace tiempo la importancia de este proceso. Además, con frecuencia tenían que ocupar posiciones defensivas frente a acusaciones de mecanicismo o reduccionismo. A la vez, se daban pasos bastante concretos a fin de crear las condiciones para la formación de complejos de varias ciencias biológicas en la interacción de la química y la biología, siendo la química la que se consideraba como principio motor y fecundizador. Recordemos que ya en 1917 se organizó en Rusia el Instituto de Biología Experimental integrado por los sectores físico-químico, citológico, de cultura de tejidos, genético, de mecanismo (fisiología) del desarrollo, etc. El director del Instituto, el académico Nikolái Koltsov, formuló con presición el programa reduccionista. En relación con esto escribía que para el análisis siempre debemos definir una parte del más complejo sistema del organismo vivo, sistema históricamente formado y en continua evolución..., aspirando, a la vez, a disgregarlo en componentes físicos y químicos cada vez más simples y comprensibles...; que tal simplificación ineludible, enriqueciendo la ciencia con cada vez nuevos datos, implica el peligro de concebir el mundo de una manera errónea solo en caso si nos concentramos en aquélla y olvidamos la necesidad de sintetizar en un todo único las distintas partes ya estudiadas.

Destaquemos que estas palabras no pertenecen al químico ni incluso al bioquímico, sino al destacado biólogo, creador de la primera concepción del mecanismo de matrices de reproducción de los genes. Hagamos notar también que estas ideas suyas formaron parte de la recopilación de sus obras bajo el título demostrativo de *Organización de la célula*.

En una etapa histórica determinada (en la primera mitad del siglo XX) fue la química biológica -la única ciencia que se desarrollaba en la esfera de la interacción de la química y la biología- la que asumió todas estas funciones. Mencionemos una vez más a Koltsov. Al destacar la importancia que reviste el estudio de los cromosomas gigantes en las glándulas salivales de la *Drosophila*, escribía que, a su juicio,

tenía especial importancia una mayor profundización de esta síntesis (hitología y genética *-Nota del autor del artículo*) mediante la incorporación a este problema de los datos de una tercera materia biológica, la bioquímica.

Erwin Chargaff, al considerar la situación actual, decía que bajo el mismo "techo molecular" diferentes ciencias biológicas lograron una concentración de esfuerzos, antes imposible, al fundirse con la química, la ciencia de las moléculas, una de las pocas que no toleran definiciones imprecisas y que sirve de base cimentadora para diferentes orientaciones biológicas. Esta idea es especialmente significativa puesto que pertenece al discípulo de Fritz Pregl, uno de los químicos que se dedicaron por entero a resolver problemas biológicos. Estableció definitivamente el siguiente principio: únicamente moléculas de dos clases de biopolímeros (albúminas y ácidos nucleicos) representan un interés biológico por poseer individualidad química y biológica.

Sus trabajos son ejemplo de uno de los programas reduccionistas en biología, cuya realización práctica llevó a la creación de las "universalias biológicas" que se emplean para revisar o adaptar a los datos contemporáneos todos los postulados básicos de la biología: desde la transmisión de todas las características hereditarias hasta la taxonomía y los problemas de la evolución biológica.

En su desarrollo la biología recorrió el mismo camino antes recorrido por la física y la química. El progreso se inició con la aparición del experimento biológico, precisamente cuando en vez de problemas filosóficos de la naturaleza de carácter general, tipo "¿En qué consiste la esencia de la vida?", los biólogos pasaron a plantear en el experimento problemas particulares y recibir, sobre esta base, respuestas generales. Así fue en los experimentos de Avery que unió los ácidos desoxirribonucleicos (ADN) y la herencia, así fue en los experimentos de Marshall W.Niremberg que dio el primer paso hacia el desciframiento del código genético, así fue en las definiciones, no tan destacadas, de la composición de los ADN de varios organismos hechas por Belozerski, que pusieron los cimientos a la genosistematización.

La fundación de la biología, como ciencia contemporánea, se relaciona tradicionalmente con la creación de la teoría de la evolución de Charles Darwin. Sin embargo, en el contexto de lo expresado más arriba, el desarrollo de las ideas evolucionistas solo constituyeron una parte integrante del progreso de la biología. La formación de la biología experimental, la acumulación de nuevo material empírico de principios, y posteriormente, la reestructuración de las bases conceptuales de la ciencia sobre la vida fue preparada -no en menor medida, sino puede ser que en mucho mayor-, por la creación de la teoría celular y la aparición de posibilidades concretas de penetrar en las profundidades de la célula no solo con ayuda del microscopio, sino con métodos químicos. Al mundo de los organismos vivos, como objeto tradicional de investigaciones biológicas, se agregó la materia viva en su organización más íntima. No se puede negar que el estudio de determinados organismos que tenía lugar aún antes de la aparición de la teoría celular, varió cualitativamente al crearse un campo completamente nuevo para las posibilidades lógicas de la estructuración de la teoría biológica. Incluso un método biológico clásico tal como el análisis comparativo, adquirió un aspecto completamente nuevo a niveles citológico y bioquímico.

El estudio de la célula (y del organismo, como sistema celular) se hizo línea lógica (y metodológica) del desarrollo de la biología, línea que condujo a la posibilidad de estructurar una biología verdaderamente teórica y, por consiguiente, permitió cambiar radicalmente la estructura de esta ciencia.

En los años 60 del siglo XIX la concepción de continuismo biológico se completó con la de discreción biológica. Casi simultáneamente se hicieron dos descubrimientos por los cuales medimos el desarrollo de las bases teóricas y empíricas de esta concepción. Uno fue el descubrimiento de Gregorio Mendel de las leyes que llevan su nombre que postularon la existencia del "carácter corpuscular de la herencia" (1865) y otro, el descubrimiento de Miescher en 1869 de los ácidos nucleicos. Este último no fue un simple hallazgo experimental sino una rotura profunda y consciente de las bases metodológicas de la biología descriptiva.

Miescher fue el primero en emplear la metodología química como instrumento de penetración en la célula y de separación de las estructuras subcelulares (núcleo celular). Antes esto por principios se consideraba imposible por creerse que el núcleo no era una formación estructural determinada, sino una "gotita" coloidal en el protoplasma no estructurado, también coloidal, y cualquier manipulación química (incluidos los métodos de coloración de los micropreparados) llevaba, al parecer, a la pérdida irrecuperable de todo lo que representaba interés para la biología.

Fueron P. y D.Medawar quienes formularon muy claramente la actitud de los representantes de la biología experimental contemporánea hacia la doctrina evolucionista. Al emplear el término "hipótesis evolucionista" en vez de "teoría evolucionista", ellos explicaban que la palabra "hipótesis" se empleaba en su correcta acepción técnica que contrariamente a las ideas triviales, no lleva en sí un matiz negativo y que al denominar hipótesis a lo que se llama, como regla general, "teoría de la evolución", ésta no se menoscaba, ni mucho menos, se subestima. Estas palabras no significan, en modo alguno, dudas respecto al evolucionismo. Los científicos destacaban que la hipótesis evolucionista forma parte inseparable de las bases del modo de pensar en biología, que únicamente la hipótesis evolucionista da sentido a la interrelación incondicional de organismos, a los fenómenos de la herencia y las vías de desarrollo y que el biólogo solo puede pensar de modo evolutivo. No existe, naturalmente, otra alternativa para el especialista que trabaja en la esfera de la biología físico-química. Esto es precisamente, lo que engendra una situación no trivial en la biología en general, puesto que la axiomatización de la biología, sin la cual resulta imposible crear las bases teóricas de ésta, se debe, en gran medida, precisamente a la biología físico-química, a su componente biológico-molecular y supone el empleo de nociones químicas.

Se suponía desde hace mucho tiempo que las orientaciones científicas que se forman de la interacción de la química y la biología, desempeñan un papel importante (tanto metodológico como cognoscitivo).Esto se puede aclarar con el siguiente ejemplo demostrati-

vo. En la clasificación de los sistemas materiales propuesta hace más de medio siglo por el astrónomo Harlow Shapley existe una rama de objetos pertenecientes a la clase cero según la escala de dimensiones propuesta por el científico. Mas esta rama agrupa a todos los objetos de la naturaleza orgánica, incluido el hombre. De esta manera, la clasificación de Shapley forma cierta "horquilla". Según la escala principal de dimensiones, los objetos se ubican desde las formaciones subnucleares (clase de dimensiones -4, dimensiones reales de 10^{-13}cm y menos) hasta las metagalaxias y el Universo en general (clases de dimensiones de +7 a +8, dimensiones reales de 10^{27}cm y más). La escala cero representa una continuidad de objetos que se complican según un principio diferente a los situados en la escala principal (dimensiones reales de los objetos del mundo orgánico, de 10^{-11} a 10^{3}cm).

Independientemente a la concepción de génesis y evolución de las ciencias naturales que adoptemos, tendremos que constatar inevitablemente la existencia de una separación entre las ciencias "físicas" (escala fundamental) y "orgánicas" (escala cero), así como la necesidad de que se elimine en el proceso histórico.

En los años en que vivió el autor de este esquema, ya existía la ciencia que cumplía tal función. Fue la bioquímica la que liquidó la separación en la "horquilla de Shapley" al fundir las ramas "orgánica" y "física" en un sistema único de objetos materiales (y, por consiguiente, en un sistema único de ciencias naturales). Lo mismo destacaba el propio Shapley.

Mas la bioquímica, como ciencia, se formaba en condiciones de diferenciación de las ciencias naturales. En los esquemas de clasificación se ubicaba entre la química y la biología, entre las ciencias "orgánicas" y "físicas"; sin embargo, los representantes de la bioquímica preferían destacar sus diferencias de la fisiología y la química, se afanaban por definir más claramente la materia y procuraban confeccionar sus propias metodologías, al presentar sus vínculos con la química más bien como algo formal. Los bioquímicos afirmaban que la metodología de la nueva ciencia permite que ésta resuelva problemas específicos: ante todo, se trataba de la posibilidad

de precisar los datos sobre la composición química de los organismos, tejidos y células (hecho que sirvió de base para deliberaciones bastante imprecisas, acerca del empleo del método comparativo en la bioquímica) y -lo que era fundamental- de los detalles del metabolismo celular intermedio.

En el marco de la solución de este problema fue donde se formaba la bioquímica clásica. En el eje de su atención solo aparecía, primero, el metabolismo "destructivo", o sea, los procesos que aseguraban la energética de los organismos (respiración y fermentación en las categorías de la bioquímica de principios del siglo). Posteriormente, en el campo de visión de los bioquímicos se encontraron también procesos biosintéticos: la formación de todos los productos intermedios de bajo peso molecular. Una circunstancia importante fue el espíritu "biocatalítico" que atravesaba toda la bioquímica. Fue la enzimología la que permitió acumular numerosos hechos empíricos y elaborar una serie de enfoques y concepciones puramente bioquímicas, que desempeñaron en el futuro un importante papel en la transformación de la bioquímica en un multifacético complejo de ciencias. Hubo una serie de trabajos que analizaban el mecanismo y la cinética de los procesos de fermentación, los propios métodos de extracción y purificación de los fermentos, el establecimiento del concepto "especificidad". Era de gran importancia el hecho de que en el centro de atención de la enzimología se encontraran albúminas: se demostró que todos los biocatalizadores eran de naturaleza proteínica.

Naturalmente, en general, eran mucho más numerosos los hechos que determinaron el desarrollo y la transformación de la bioquímica. Hubo factores inmanentes a la ciencia misma, también hubo factores exteriores muy variados: desde la influencia de las ciencias afines hasta la del progreso técnico en la práctica de laboratorio y la presión que ejercían distintos factores socioeconómicos. Citamos aquí el ejemplo de la enzimología para destacar la idea de que el pensamiento químico se propagaba, precisamente, a las ramas que se consideraban vinculadas con los procesos de vida más profundos e íntimos, entre los cuales figuraban todos los procesos biocatalíticos. Así pues,

un concepto tan fundamental para la biología como la "especificidad" es resultado de la implantación en la biología de nociones químicas estructurales bien rígidas.

La noción de especificidad fue introducida por el químico Emil Fischer quien se refería a la correspondencia del substrato y el fermento en el acto biocatalítico. También argumentó la naturaleza de este fenómeno relacionándolo con las peculiaridades químicas de los biopolímeros (albúminas) y al demostrar que es posible la existencia de sustancias que poseen individualidad tanto química como biológica. Fischer expuso las ideas sobre las posibilidades relacionadas con el hecho de que tales substancias puedan existir en una serie de conferencias y en un artículo dedicado a la isomería de los péptidos,publicado en 1916.Este trabajo contiene, en esencia, las premisas ideológicas químicas de la formación de la química bioorgánica y de la biología molecular y, por consiguiente, del futuro complejo de ciencias bioquímicas. De estos trabajos de Fischer una línea lógica conduce a la clasificación de L.Pauling y E.Zuckerkandl que considera la dependencia, en qué grado las moléculas reflejan la información que contiene el organismo sobre el proceso de evolución. Sus moléculas semantoforéticas o semántidas tienen en la génesis de la ciencia su origen, la "isomería de los péptidos" investigada por Fischer. Es cierto que los propios polipéptidos pasaron a la categoría de las llamadas semántidas terciarias, pero esto no es sorprendente, pues, después de los trabajos de Fischer quedó demostrado que existía también una segunda clase de biopolímeros que poseían individualidad tanto química como biológica: los ácidos nucleicos que resultaron ser los portadores principales de la información biológica.

El proceso de formación de la química bioorgánica, la biología y la genética moleculares, de transformación de la bioquímica, la biofísica, la virología, la inmunología y de otras orientaciones de la biología experimental contemporánea, proceso que culminó con la formación de una ciencia integral -la biología físico-química- constituyó una regularidad del progreso de la biología y del conocimiento biológico.

A primera vista parece que fue el resultado de

importantes acontecimientos operados en la bioquímica en los años 50, tales como el descubrimiento de la espiral doble del ADN, el desciframiento de las formas principales de ubicación especial de las moléculas proteínicas, el establecimiento de la secuencia completa de la insulina (proteína importante), la elaboración de los métodos de síntesis química de los ácidos nucleicos.Sin embargo, estos acontecimientos solo jalonaron el comienzo de la era físico-química en biología, mientras que las premisas de este proceso eran más profundas y tenían una base mucho más "biológica".

En general, teniendo en cuenta lo expuesto más arriba, hemos de reconocer que este proceso representó cierto acercamiento y, posteriormente, la fusión de tres líneas de investigación bastante independientes.

La primera línea es la genética. Tiene su origen en los experimentos básicos de Gregorio Mendel que le llevaron a la idea de la naturaleza corpuscular de la herencia. Mas esta idea solo pudo realizarse por entero, al descubrirse la naturaleza química del gen, este "corpúsculo" de la herencia.

Por eso la segunda línea fueron las investigaciones de los biopolímeros, proteínas y ácidos nucleicos que "pretendían" sucesivamente a hacer de gen. Es sabido que el primer modelo de gen, propuesto por Nikolái Koltsov en 1927, suponía su naturaleza proteínica. En lo tocante a los ácidos nucleicos se necesitó demostrar su propagación por todas las células (para el ADN lo hizo Belozerski en 1936) y establecer su especificidad (lo hizo Chargaff en 1947).

Estas dos líneas solo se fundieron al haberse comprendido el experimento de O.Avery quien demostró que la transformación de los microorganismos descubierta por F.Griffith en 1928, estaba condicionada por el ADN (1944). Fue un jalón muy importante: ADN y la herencia resultaron unidos.

Hubo también una tercera línea sin cuyo desarrollo sería incompleta la formación de las bases de la biología físico-química. Era necesario mostrar cómo la información hereditaria se realiza en las proteínas. Esto tiene también su prehistoria. Ya a comienzos de este siglo, C.Rabl, A.Fick, L.Ružička y A.Schepó-

tiev hablaron de la herencia como capacidad de las proteínas vivas de producir tal grupo estereoquímico de átomos que poseían los antepasados de un individuo determinado. En 1909, A.Garrod en el trabajo *Sobre alteraciones congénitas* vinculó por primera vez la función del gen con el fermento. Esta idea se encarnó en el postulado de G.Beadle y E.Tatum *Un gen - un fermento* (1940). Paralelamente se elaboró la idea de la biosíntesis de matrices (el modelo de gen propuesto por Nikolái Koltsov consideraba esta exigencia, y en 1935 M.Demerec admitió por primera vez que el ADN era una molécula hereditaria).

Posteriormente, los acontecimientos se desarrollaron según el esquema ya bien conocido. En 1947 apareció el concepto de "código" y en 1953 fue creado el modelo del ADN, y las tres líneas resultaron combinadas en los conceptos básicos de la biología molecular elaborados por J.Watson y F.Crick que culminaron con la formulación del llamado "dogma central".

De esta manera, hasta en los orígenes de la formación de la biología físico-química se hallaba el proceso de integración. Más éste no se percibía como tal, al contrario, se consideraba como un proceso de diferenciación - y lo fue por una sola causa: contribuyó a la separación de la biología molecular o, dicho en términos contemporáneos, a la institucionalización cognoscitiva y, posteriormente, social de esta orientación.

El carácter integrante de este proceso solo fue observado por unos pocos especialistas, quienes comprendieron que la formación de la biología molecular, la materia "bioquímica" en esencia, así como la inevitable institucionalización de la química bioorgánica, etc., llevaban a la formación de todo un conjunto de ciencias bioquímicas con un poderoso impulso de integración. La deducción de este impulso se debió a que ya se había alcanzado el límite de la reducción en las investigaciones biológicas y que comenzaba la era del conocimiento de toda la complejidad de la organización de la materia viva.

¿En qué consiste, pues, la esencia de la formación de la biología físico-química? Ante todo, ésta posee métodos y un sistema de conceptos en los cuales puede basarse ahora el estudio de la célula viva con toda

la complejidad de sus funciones, además, la célula como sistema aislado y la célula como elemento de sistemas superiores: órganos, tejidos, todo el organismo.

La biología físico-química tiene, ante todo, un potente arsenal de métodos de estudio de los portadores materiales de la actividad vital: ácidos nucleicos, proteínas, polisacáridos, etc., así como compuestos de bajo peso molecular fisiológicamente activos. Esto permite que veamos con toda claridad las vías de biosíntesis de todos estos compuestos y su funcionamiento en la célula. Se lograron éxitos de principios no solo en el desciframiento de estas estructuras, sino también en su síntesis (química o bioquímica): ya se han sintetizado bastantes proteínas y genes. La descripción de todos estos fenómenos, estrictamente biológicos por su significado, es posible únicamente con el empleo del aparato conceptual de la química.

En el eje de la atención de la biología físico-química se encuentran también los conjuntos moleculares y las formaciones subcelulares. El conocimiento de su organización y funcionamiento se lleva a cabo tanto "desde arriba", como "desde abajo", desde la célula y desde la molécula. Se lograron importantes éxitos en el estudio de las membranas celulares, ribosomas, mitocondrias, plastidios, etc. Sin embargo, los métodos físico-químicos de su estudio continúan siendo dominantes, mientras que los sistemas de conceptos descriptivos y hasta experimentales de citología, embriología, microbiología, genética, etc., se transforman bajo la presión de los sistemas de conceptos basados en las rígidas interpretaciones físico-químicas de los experimentos.

La biología físico-química, gracias a la ingeniería genética, por primera vez en la historia de la ciencia pudo realizar en la práctica la dirección de los procesos biológicos más importantes. El desciframiento de la estructura de los genes, su síntesis y las posibilidades de manipular el material genético abrieron por primera vez el camino hacia la creación de nuevos organismos y a la modificación de la herencia en una dirección necesaria al hombre. La introducción de genes artificiales de una serie de proteínas y hormonas peptídicas en los microorganismos realizada en la URSS y EE.UU., permitió obtener las cepas de

los productores de la insulina del hombre, interferones y una serie de hormonas. La idea del trasplante de genes de las bacterias fijadoras de nitrógeno directamente a las plantas y otras cosas, se convirtieron en objetivo concreto de trabajo.

Los nuevos descubrimientos en biología físico-química (ante todo, las investigaciones de los reguladores biológicos: prostaglandinas, hormonas, neuropéptidas, ecdisones, feromonas, etc.) abrieron nuevas perspectivas no solo para el estudio de las células, sino también del organismo, de su desarrollo y funcionamiento en general. Gracias al estudio de los receptores, las investigaciones sobre los reguladores se relacionan también con las que se realizan a nivel celular. En cambio, las investigaciones sobre substancias como las feromonas incorporaron hasta las poblaciones a la esfera de los intereses de la biología físico-química.

Estos breves ejemplos testimonian claramente que es la función integrante -bien definida en el sistema de las ciencias biológicas- la que caracteriza la biología físico-química. Se trata, en esencia, de que la historia de la biología ha pasado a un nivel más importante. Se ha creado una nueva situación: las ciencias biológicas fueron agrupadas de acuerdo a un principio nuevo.

Se está formando, ante todo, un comlejo de ciencias en cuyo eje de atención se encuentra la célula y el organismo aislado como sistema celular: una nueva "biología general" con una orientación predominante, "la biología de la célula". Base integrante de este complejo es la biología físico-química.

Las comunidades de organismos llamaron la atención de otro complejo de ciencias biológicas: todas las ciencias ecológicas, biogeocenóticas y otras, así como la genética de las poblaciones.

Estos dos complejos de ciencias están muy bien diferenciados aunque entre ellas hay toda una serie de "puentes": la genética, en primer lugar, o, por ejemplo, la ecología química. Es característico que estos puentes se sometan a la influencia integrante de la biología físico-química.

En resumidas cuentas, hemos de subrayar que la biología físico-química cimienta hoy ciencias hasta ahora muy aisladas las unas de las otras como la citología,

embriología, neurofisiología, inmunología, etc., que en la propia biología físico-química también empiezan a formarse mecanismos de integración vinculados con varias orientaciones nuevas y tradicionales transformadas. Así pues, la virología ha adquirido nuevos rasgos característicos al concentrar en sí un poderoso potencial metodológico relacionado con la manipulación del material genético. Bruscamente se transformó la inmunología. Primero, la práctica de la inmunología dio comienzo a una nueva orientación metodológica que rebasó hasta el marco de la biología físico-química y pasó a la esfera de la química orgánica y analítica. Segundo, esta nueva carga teórica -que se debe ya por completo al progreso de la biología físico-química- llevó a la formación de la inmunobiología, orientación que cumple, ella misma, funciones de integración.

Todos estos procesos son tan interesantes e importantes que merecen un estudio más minucioso por parte de especialistas dedicados a la historia y la teoría de la ciencia.

Al concluir, destaquemos una vez más que la formación de la biología físico-química condujo a la formulación del problema del conocimiento biológico. El desarrollo de los medios experimentales de investigación biológica, ante todo, de métodos cada vez más perfeccionados (y automatizados) del análisis físico-químico, manifiesta una tendencia estable hacia maximizar la eficacia heurística de los métodos. Mas los métodos de análisis ya no están relacionados con la reducción. Ofrecen una información cada vez más completa acerca de la estructura de la materia viva. Por primera vez se someten a análisis todos los niveles de la organización de la materia viva, sin exclusiones de principios. La bioquímica logró, a su tiempo, un límite determinado de reducción al pasar la investigación de los procesos de metabolismo al nivel molecular. La biología molecular y, en primer lugar, la química bioorgánica culminaron este proceso. Además, al principio, el conocimiento parecía haber superado la verdadera estructuración de la célula. Actualmente, la capacidad cada vez más creciente y la universalidad de los métodos de la biología físico-química condujeron a la creación de los sistemas

de métodos. En concordancia con el aumento de las posibilidades heurísticas de tales sistemas se transformó también la estrategia de la investigación.La reducción se completa por la integración, por las investigaciones realizadas entre diferentes niveles y los estudios sistémico-estructurales.

La fisicalización, la quimización y, posteriormente, la matematización del proceso de conocimiento en biología lleva a la pérdida de la evidencia propia de la biología clásica. El proceso dialéctico de acercamiento acelerado del conocimiento al objeto, que se acompaña de la simbolización de su expresión y del empleo cada vez más amplio de modelos en el estudio de los sistemas vivos, lleva a la necesidad de interpretar teóricamente los fenómenos biológicos, además, en las formas ya adoptadas en química.

Así pues, el proceso de formación de la ciencia de nuevo tipo sobre la vida que se expresa en forma concreta en la realización práctica de la función de integración de la biología físico-química, está condicionado por las transformaciones en la metodología del conocimiento biológico. Los enfoques molecular, subcelular y celular crearon conjuntamente una nueva ciencia única sobre la célula, la biología de la célula (primera fase). La inclusión en este proceso de los enfoques sobre el organismo lleva a la formación de una nueva ciencia sobre el organismo, la biología general (segunda fase).

Este proceso se acompañará de la formación en biología de tendencias hacia el predominio de los eleméntos teóricos. Sin embargo, la biología no deja de ser una ciencia experimental. Sólo se transformarán el contenido del experimento biológico y su estructura: irá incluyendo cada vez más muchas operaciones del pensamiento no creador. La biología físico-química abrió también esta posibilidad ante la biología: un ejemplo de esto podría ser la automatización de las investigaciones röntgenestructurales de las proteínas o el progreso de la modelación matemática en genética molecular. En la nueva biología el experimento será un instrumento de la teoría, un método expreso de comprobación de las hipótesis.

La nueva biología forma nuevos vínculos con la práctica. Entre las ciencias naturales, en realidad,

se agruparon estructuralmente investigaciones fundamentales y aplicadas. Gracias a la biología físico-química, esto se operó ya en una serie de ramas de la medicina y, fundamentalmente, en la biotecnología. En el futuro esto será típico para la biología en general.

Es natural que todos los procesos se reflejan en lo que hoy se denomina el pensamiento biológico. Las operaciones con sistemas de diferentes niveles deben basarse en el conocimiento axiomatizado sin el cual resulta imposible teorizar. Al formular la meta de la axiomatización, Einstein escribía que los conceptos y principios fundamentales que ya no se reducen a otros, forman parte inevitable y no captable racionalmente de la teoría y que el objetivo principal de toda teoría es hacer estos elementos básicos simples al máximo y poco numerosos, sin perder una exposición adecuada de algo que contenían los experimentos.

Es demostrativo el hecho de que son la biología físico-química y su progreso los que permitieron comprender que una serie de principios arriba expresados son axiomas de la biología moderna. En primer lugar, el principio de *Omnis molecula ex molecula* -principio de la reproducción por matrices de las semántidas-, así como el principio que dice que los programas genéticos cambian casualmente y de un modo no orientado; estas transformaciones resultan adaptativas solo por casualidad. Este principio es válido también cuando se trata, como en las bacterias, del intercambio de genes por medio de las plásmidas y los virus.

Vasili Babkov,
candidato a doctor en
Ciencias Biológicas

El nombre del conocido biólogo soviético Serguéi Chetverikov ocupa un sitial de honor en la historia de la ciencia como fundador de la genética experimental de las poblaciones. En su trabajo teórico *Sobre algunos aspectos del proceso evolutivo desde el punto de vista de la genética moderna* (1926), planteó el problema central de un nuevo campo de investigaciones: *la naturaleza y el mantenimiento de la variabilidad en las poblaciones*.

La mayoría de los trabajos filosóficos consagrados a los problemas de la biología tradicionalmente se refieren a los *productos* de la ciencia (la estructura de las teorías biológicas, etc.). Sin embargo, últimamente, la filosofía de la ciencia se aboca cada vez más a menudo al proceso del cambio científico, debido a lo cual es de particular interés analizar el desarrollo de una disciplina biológica e indagar la posibilidad de reconstruirla históricamente según una u otra concepción del cambio científico.

El devenir de la genética de las poblaciones en la URSS fue extraordinariamente impetuoso. En tan solo un decenio se recorrió el camino que va desde las investigaciones sistemáticas sobre genética hasta el avance de la genética soviética de las poblaciones a las posiciones más avanzadas de la ciencia mundial. Tal desarrollo de los acontecimientos -examinado en forma aislada, fuera del contexto histórico- produce la impresión de un milagro, que solo se puede comprender consultando las tradiciones científico-naturales en las que ha crecido la escuela soviética de la genética evolutiva y examinando dicha escuela en su entorno, sobre el telón de fondo de los criterios que prevalecieron en biología.

Los elementos fundamentales de la genética de las poblaciones de la escuela chetverikoviana provinieron de

dos vertientes: la naturalista y la experimental. Sin embargo, un postulado determinado no existe en la ciencia independientemente de otros: al optar por un postulado, apelamos a toda una serie de postulados asociados al mismo, a determinados métodos y hechos. Hacia comienzos del presente siglo, los naturalistas y experimentadores se habían deslindado claramente tanto por los métodos, como por el abanico de problemas a investigar. Con el surgimiento del conflicto entre los mendelistas y los partidarios de la teoría de la selección (los primeros se vieron en el campo de los experimentadores; los segundos, en el de los naturalistas), dicho aislamiento no hizo más que agravarse. Por eso la idea de Chetverikov de asentar los problemas del darvinismo sobre una base genética (de lo que trata el mencionado trabajo de 1926) condujo al estudioso a la necesidad de renunciar a dichos principios. Necesitaba resolver los siguientes problemas: construir un esquema conceptual que uniera los nociones evolucionistas y las genéticas; demostrar la legitimidad del estudio experimental de la variabilidad natural (habida cuenta del mencionado deslindamiento entre los darvinistas-naturalistas y los mendelistas-experimentadores); analizar las causas de las diferencias cuantitativas en la variabilidad que se registra entre la naturaleza y el laboratorio, diferencias tan desconcertantes que las mutaciones en *Drosophila* durante un tiempo se consideraron como artefactos de laboratorio; indagar la base genética de los procesos de inadaptación en la evolución; plantear el problema de los factores de evolución y de su correlación, ante los conceptos según los cuales la evolución se reduce bien a una sola selección natural, bien al aislamiento, bien a las mutaciones. En otras palabras, se trataba de crear un nuevo sistema de referencias cognoscitivas.

El punto de vista sobre el desarrollo de la ciencia como proceso acumulativo (la evolución del conocimiento es una acumulación gradual de ideas) había estimulado la búsqueda de los antecesores. Sin embargo, en el proceso de una búsqueda tal es fácil perder a su protagonista. Como naturalista y genético, Chetverikov introdujo entre sus medios el método experimental y no pudo aceptar los criterios de Bateson sobre la naturaleza del gene, o la metodología reduccionista de los "droso-

filósofos" de Morgan. Como biometrista criticó el enfoque formal de Pearson y sostuvo criterios incompatibles con su filosofía.

Lo principal en Chetverikov es su nueva visión del mundo. Desarrolló la idea de que el substrato de la evolución no es el individuo, sino la "población de la especie". Lo mismo en la evolución del conocimiento: para que surja una nueva concepción científica del mundo (en lo que vemos, pues, la prenda de los logros científicos), ha de aparecer una nueva comunidad científica, su vehículo.

Chetverikov utilizó diferentes formas de comunicación científica: la enseñanza, la participación en coloquios y debates científicos, etc. El tema chetverikoviano, la genética de las poblaciones, obtuvo un desarrollo ulterior precisamente en los trabajos de la primera generación de los especialistas soviéticos en genética de las poblaciones.

En el período entre 1919 y 1929, en la Universidad de Moscú Chetverikov dictó primero un curso de entomología y biometría, y luego comenzó a dictar en Moscú el primer curso de genética. Chetverikov y sus colaboradores afrontaron la tarea de estudiar críticamente los trabajos extranjeros sobre evolución, citología y genética (en especial de la genética de *Drosophila*), para lo que no era adecuado ni la enseñanza tradicional, ni las conferencias corrientes con discusión de cuestiones particulares. Pero ¿cómo unir la cientificidad y el carácter sistemático de los problemas a discutir, conservando a la vez todos los aspectos positivos de una charla desenvuelta? Se le ocurrió a Chetverikov una nueva forma de reunión científica. En sus *Memorias*, Chetverikov dedicó a las cuestiones de la comunicación científica páginas muy interesantes. Escribió, en particular, que era necesario determinar de antemano el temario de la próxima charla, que la discusión debía ser viva y creadora, y no indiferente-formal, y que debía desembocar en un intercambio libre, en el que cada uno pudiese intervenir en cualquier momento, en cuanto se le ocurriera alguna idea polémica.

En la estructuración chetverikoviana de la nueva disciplina biológica es preciso distinguir entre dos categorías de aspectos teóricos. De un lado, el problema central: la naturaleza y el mantenimiento de la varia-

bilidad en las poblaciones. Aquí mismo figura el sistema chetverikoviano de referencias cognoscitivas, que incluye el enfoque sistémico. De otro lado, el modelo concreto de variación microevolutiva, estrechamente relacionado con dicho problema: el surgimiento de "buenos" caracteres recesivos de autosomas en la naturaleza -su acumulación en el estado heterocigótico en condiciones de cruzamiento libre -la ubicación de los mismos en los homocigotos en condiciones de aislamiento parcial-, la selección "según Norton".

El modelo de variación microevolutiva sirvió ante todo para ilustraciones. No se suponía la conservación obligatoria del mismo, por lo que, en *El medio genotípico* (cap.IV), cedió lugar a un modelo original, que se correspondía con las ideas de Chetverikov sobre el lugar de la selección natural en el proceso progresivo de la evolución. Tal discordancia no es un punto flojo del artículo de 1926. Chetverikov enfocó el proceso de evolución dividiéndolo en elementos aislados, analizándolo por partes y determinando con precisión las vías de tal análisis. El examen por partes suponía el trabajo integrativo posterior, donde lo principal era el problema, y los enfoques y "gustos", algo invariable, secundario. Apoyándose en ese problema, los discípulos de Chetverikov sentaron las bases de un nuevo ámbito del conocimiento biológico. Precisamente lo bien definido del programa y su profunda comprensión predeterminaron el éxito del asunto.

Una prueba experimental de la tesis acerca de que las poblaciones abundan en mutaciones fue obtenida en el primer estudio, iniciado en 1925-1926 y que se constituyó en un modelo para todos los trabajos de la genética de las poblaciones posteriores en la URSS y en el extranjero. En el verano de 1925 comenzaron los trabajos encaminados a estudiar la reserva de variabilidad hereditaria de las especies de *Drosophilas* (Rusia Central) procedentes de los alrededores de la estación hidrofisiológica de Zvenígorod (región de Moscú). En 1926 se continuó el trabajo de muestreo a base de la población de *Drosophila melanogaster* en el Cáucaso. Al mismo tiempo, los hermanos Timoféev-Resovski, comisionados al Instituto Kaiser-Wilhelm del Cerebro de Berlín, llevaron a cabo el análisis de una colonia de esta especie. Los primeros resultados de dicha labor fueron presentados

por Chetverikov en el V Congreso Internacional de Genética en Berlín (mayo de 1927) y en el III Congreso de la URSS de Zoología en Leningrado (diciembre de 1927).

En el primer estudio Chetverikov afirma los postulados liminares generales sobre lo fructífero de la unión entre la genética y el darvinismo; la legitimidad del enfoque experimental en la solución de los problemas naturalistas, el carácter no hereditario de los influjos externos, la exposición de todas las partes del organismo a la variabilidad por mutación, el papel del método de inbreeding, etc. Los datos experimentales en poder de Chetverikov, si bien poco numerosos, importan solo para ilustrar dichos postulados. El material en cuestión está descrito en forma muy detallada en los trabajos de sus discípulos (los Timoféev-Resovski, Balkáshina, Romashov, Cecil Gordon y otros).

En el primer estudio de la genética de las poblaciones se determinaron las orientaciones de la transformación del problema planteado por Chetverikov sobre el "número de variaciones" en poblaciones naturales.A raíz del descubrimiento de factores letales en poblaciones prósperas, surgió el interrogante en cuanto a la "variabilidad según el grado de adaptación". Debido al cambio de intereses, desde el estudio de los genes de mutación violentos (Chetverikov esperaba, pues, encontrarlos en la naturaleza) hasta el estudio de los caracteres específicos normales, el problema central se enriqueció con la cuestión relativa a la "variabilidad evolutivamente significativa". Durante el desarrollo de estos acontecimientos, el modelo inicial chetverikoviano iba desvalorizándose, el problema chetverikoviano se ahondaba en diferentes aspectos, se llenaba de un sentido nuevo y triunfaba el sistema chetverikoviano de referencias cognoscitivas.

En el primer estudio de la genética de las poblaciones se determinaron dos orientaciones en el desarrollo del problema central: la orientación "fenogenética", o sea el estudio de la variabilidad que surge en el proceso de realización fenotípica del gene, y la orientación hacia las "poblaciones", o sea el análisis de la dinámica de los fondos génicos de las poblaciones. En cada una de estas dos orientaciones se comprobaba el modelo inicial de evolución genética.

Entre los trabajos "fenogenéticos" figuran: 1) la formulación de los conceptos relativos a la variabilidad natural como resultado de la no coordinación de los procesos de ontogénesis; 2) la revelación del paralelismo fenotípico de la variabilidad inducida; 3) la formulación del concepto de mutaciones homeóticas como bifurcaciones en la ontogénesis; 4) el principio de la "variabilidad autónoma de los caracteres"; 5) la concepción de los "campos de acción de los genes"; 6) el concepto de "constitución hereditaria" y la revelación de los parámetros principales de la realización fenotípica del gene.

Entre los trabajos sobre las "poblaciones" está la detección de la carga de mutaciones en poblaciones naturales (el grupo de Dubinin, 1934, y otros). Romashov (1931) formuló los conceptos relativos a los procesos de inadaptación, que superan la inercia evolutiva de las poblaciones. Sus orígenes están en los "errores de selección" de la estocástica mendeliana, extraordinariamente acentuados por las "oleadas de la vida". Como casos particulares se describieron el "efecto del cuello de botella" y el "efecto de progenitor". Estos conceptos permitieron predecir la existencia en la naturaleza de aberraciones (variabilidad aparente), polimorfismo inadaptativo, factores letales, y -lo principal- dieron un impulso a la búsqueda de la variabilidad natural de esta índole. Los conceptos de Romashov denotaron el papel relativo de los factores determinantes de la estructura genética (el fondo génico) de las poblaciones, y apuntaron su relación con la biología de la especie. Este trabajo desarrollaba la tradición de Chetverikov en dos aspectos: describiendo un nuevo mecanismo de mantenimiento de la variabilidad y nombrando nuevas categorías de variabilidad natural. Esos conceptos se discutieron ampliamente con el nombre de "procesos genético-automáticos", PGA (término de Dubinin). En relación con la teoría de los PGA se discutió el problema del papel relativo de los factores de microevolución y el problema de la organización óptima de las poblaciones.

La significación adaptativa del polimorfismo balanceado se demostró con los cambios estacionales en las incidencias de las formas roja y negra de las adalias. El polimorfismo transitivo fue estudiado en hamsters por Guershenzón. Siguiendo a Dobrzhanski, Dubinin y Tinia-

kov estudiaron el polimorfismo cromosómico de *Drosophilas*, y demostraron que la significación adaptativa de los cromosomas normales e invertidos se determina por las condiciones ambientales. Un nuevo chequeo a las mismas poblaciones realizado 20 años después demostró que con la ampliación de la ciudad se extiende el área de la raza urbana, con una elevada concentración de las inversiones y una mejor adaptabilidad a la ecología de la ciudad.

Los conceptos fundamentales de la microevolución -que estabilizaron las ideas de Chetverikov sobre el material evolutivo elemental, los factores, el fenómeno y la estructura en evolución- fueron formulados, sobre la base de toda la labor efectuada hasta ese momento, por Timoféev-Resovski (1939,1940,1958). La primera variante de dicho sistema de conceptos fue ofrecida en 1936 en un debate sobre el estado de la teoría de la selección natural. Ese sistema mantiene su vigencia también en nuestros días y sirve para redactar los subsiguientes reportes sobre genética de las poblaciones, por supuesto, incorporando nuevos datos complementarios (Bauer y Timoféev-Resovski, 1943; Timoféev-Resovski y otros, 1969,1973,1979).

Las vertientes en los estudios sobre las poblaciones y en fonogenética en gran medida fueron aunadas en dos ciclos de trabajos de la escuela chetverikoviana. El "análisis fenogenético de las poblaciones" condujo a detectar las regularidades de la variabilidad natural masiva, dándose así un paso importante hacia la unificación de los métodos de la or. ogenética, la genética de las poblaciones, la sistemática y la ecología. Romashov y Beliáeva revelaron, en el modelo de nervadura del ala, la difusión generalizada, el carácter regular y el polimorfismo estable paralelo según la variabilidad de nervadura en todo el orden de *Diptera* y mostraron que dicha variabilidad se determina por las regularidades de la ontogénesis del ala y se mantiene gracias a la existencia de sistemas balanceados de selección en las poblaciones. El hilo de razonamientos y las conclusiones son plenamente aplicables a otras variaciones masivas: las cortaduras, las alas bien separadas, la quetotaxis, los ojos ordinarios, el abdomen anormal, etc. La disposición de los nervios suele ser diferente. La asombrosa similitud entre las poblacio-

nes en este sentido permite hablar de la existencia en
el ala de tres zonas aisladas peculiares por su varia-
bilidad. Los "campos" de variabilidad son interpreta-
dos por Beliáeva como puntos "débiles", lábiles, de la
ontogénesis. Romashov y Beliáeva destacan dos tipos de
variabilidad: las "buenas" mutaciones de laboratorio
cuando surgen en la naturaleza, están ligadas con brus-
cas alteraciones en el desarrollo individual ("seres
deformes"); en cambio, la variabilidad en su sentido
evolutivo se caracteriza por la semidominancia, por la
manifestación incompleta y por la herencia incorrecta.
La especificidad varietal de la variabilidad es tan pro-
funda que las especies se pueden diferenciar taxonómica-
mente no solo por sus caracteres formológicos y fisioló-
gicos, sino también por el carácter de su variabilidad
aberrativa. Dicha variabilidad es adaptativa en el sen-
tido de que refleja los sistemas de selección balancea-
dos existentes dentro de la especie. Sobre ciertos cam-
bios en dichos sistemas pueden asentarse la variabili-
dad adaptativa estacional, ecológica y geográfica de la
especie. Y, por último, en la restructuración cardinal
de los sistemas surgen diferencias cualitativas más pro-
fundas, relacionadas con la transformación y el surgi-
miento de especies nuevas. Publicados parcialmente, es-
tos trabajos trascendieron en forma de manuscritos e in-
formes desde finales de los años 1930. Gracias al inte-
resante artículo de Dubinin (1948), dichos trabajos in-
fluyeron sustancialmente en *Homeostasis genética* de Ler-
ner (1954).

En el ciclo de trabajos sobre variabilidad correlacio-
nada se señalaron las posibles vías para revisar los
fundamentos de la genética factorial de las poblacio-
nes. En comparación con la *Drosophila*, el gusano de se-
da ofrece interés por el hecho de que en su vida el re-
gulador de coordinación central desempeña un papel des-
tacado, que determina su adaptación principal: la capa-
cidad de regulación hereditaria y ambiental del número
de generaciones durante la época de alimentación (el
voltinismo), que implica un vasto conjunto de caracte-
res adaptativos (y económicamente valiosos). En 1934-
1937, N.Beliáeva (1936) efectuó una serie de experimen-
tos con vistas a obtener razas que conjugaran una ele-
vada productividad en seda de las razas monovoltínicas
con el rápido desarrollo y la resistencia a las condi-

ciones adversas de las bivoltínicas. La selección según cualquiera de los caracteres vinculados con el voltinismo (la velocidad de desarrollo, el peso del capullo, el grado de bivoltinismo, la viabilidad) bivoltiniza (o monovoltiniza) la raza según todo el conjunto combinado de caracteres. Los mismos cambios se observaron al regular el voltinismo mediante las condiciones externas: las condiciones "primaverales" (la temperatura, el régimen de luz, la humedad) bivoltinizan, las "estivales" monovoltinizan, produciéndose rápidamente cambios correlacionados: 8 generaciones de la selección según los capullos ligeros o pesados dieron una diferencia de líneas del 80%. Estos resultados obligaron a revisar la concepción clásica de la genética de las poblaciones y renunciar a una serie de conceptos genéticos aceptados universalmente (de que la selección modifica sensiblemente el fondo génico de la población solo dentro de un número muy grande de generaciones; acerca de que en ausencia del inbreeding no hay degeneración; acerca de que es posible una combinación libre de cualquier carácter hereditario). Semejantes canales de la variabilidad y sistemas centrales de control son propios de distintas especies de animales y plantas. A raíz de ello, los cometidos de la genética evolucionista se desplazan: desde el estudio de los fundamentales sistemas genéticos integrados y de los canales por los que la microevolución se transforma en macroevolución. El problema central de la genética de las poblaciones se correlaciona con una sucesión de concepciones (el programa de investigaciones "Sensu" de Lakatos). El "núcleo rígido" del programa chetverikoviano lo constituyó, pues, este problema, junto con su sistema de referencias cognoscitivas, mientras que el modelo de evolución genética desempeñó el papel de "escudo protector", que tomó sobre sí todos los flechazos de las refutaciones empéricas. La viabilidad del problema estuvo condicionada por la posibilidad de su revisión y, en definitiva, de la renuncia a los aspectos colaterales históricamente relacionados con el mismo. En cuanto a la correlación entre evolucionismo y genética, Chetverikov sostuvo que el darvinismo no desaparecería, sino que pasaría a formar parte de un edificio nuevo: el de la teoría evolucionista renovada. La misma suerte le cupo al problema central de la genética de las poblaciones por él formulado.

MECANICA ANALITICA COMO FACTOR DEL DESARROLLO DE LA MATEMATICA

Vladimir Vizguín,
candidato a doctor
en Ciencias Físico-Matemáticas

La mecánica analítica fundada por Euler, D'Alembert y otros científicos, que tiene origen en la obra de Lagrange, es bifronte. Por un lado, es teoría de los sistemas mecánicos, el conjunto de esquemas estructurales de la mecánica clásica. Por otro, es, según definición de C.Lanczos, ciencia puramente matemática, composición de métodos y estructuras matemáticas interrelácionadas que pueden estudiarse independientemente del contenido físico. Desde este punto de vista, la mecánica analítica puede considerarse parte de la matemática.

Este doble carácter de la mecánica analítica la convierte en medio natural donde resulta posible el proceso de conversión de "lo mecánico" en "lo matemático". De esta manera, los estímulos "externos" provenientes de la mecánica, del desarrollo de la matemática a través de la mecánica analítica, se convierten en factores "internos" de este desarrollo.

En el plano histórico, la teoría de los sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias de segundo orden pasó a ser la primera forma matemática de la mecánica clásica.Se reveló la estructura variacional de la mecánica y, desde el punto de vista matemático se hizo posible considerar la mecánica como cálculo de variaciones. Paralelamente se abrió otra faz matemática de la mecánica: la posibilidad de presentarla en el lenguaje de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de primer orden. El desarrollo del formalismo lagrangiano llevó a la geometrización de la mecánica que, hacia finales del siglo XIX, adquirió la forma de geometría multidimensional de Riemann.A la vez, la geometrización del formalismo hamiltoniano originó la geometría del espacio de fases y, en realidad, reveló otra cara de la mecánica:la geometría simpléctica. Algunas de las mencionadas ramas de la matemática -el

cálculo de variaciones y la teoría de las ecuaciones en derivadas parciales de primer orden- se modelaban en paralelo con la elaboración de los formalismos correspondientes de la mecánica analítica. En otros casos, se identificaban los formalismos de la mecánica con teorías matemáticas ya formadas y se daban impulsos adicionales para el desarrollo de esas teorías.

La equivalencia de algunos formalismos de la mecánica analítica contribuyó a que se comprendieran las profundas relaciones entre ramas de la matemática, que antes parecían tan diferentes, como la teoría de las ecuaciones diferenciales (ordinarias y en derivadas parciales) y el cálculo de variaciones, por un lado, y las geometrías de Riemann y la simpléctica, por otro. Las tareas de la mecánica analítica en el marco de uno u otro formalismo con frecuencia llevaban a elaborar partes absolutamente nuevas de la matemática, como la teoría de los grupos y de las álgebras de Lie y la topología (por ejemplo, en relación con la teoría cualitativa de las ecuaciones diferenciales ordinarias).

Cuando se comprendía la identidad de la estructura matemática de la mecánica con una u otra teoría matemática ello era siempre positivo también para la mecánica, ante la cual se abrían nuevas posibilidades para resolver un círculo más amplio de problemas y aplicar estos métodos en la física y la astronomía. Analizaremos a continuación algunas estructuras matemáticas de la mecánica, siendo fundamentales para nosotros las cuestiones de cuándo y cómo una u otra idea de la mecánica analítica se entendió como una teoría matemática y cómo tal identificación influyó en la elaboración de esta teoría. Por supuesto, como regla general, los momentos de esta comprensión se extendían en el tiempo, ya que con frecuencia ocurrían después que las estructuras matemáticas respectivas habían avanzado sustancialmente en la mecánica analítica. Fueron estas ramas de la matemática, identificadas estructuralmente con distintos formalismos de mecánica analítica, a las que ésta hizo el más significativo aporte.

La mecánica como teoría de las ecuaciones diferenciales ordinarias

L.Euler fue el primero en formular de modo analítico

-en su obra *Mecánica*, (1736)[1]-, la mecánica de Newton en el lenguaje de las ecuaciones diferenciales ordinarias.

Empleó la descomposición de fuerzas en los componentes normal y tangencial. Los componentes cartesianos de la fuerza y la respectiva presentación de las ecuaciones del movimiento mecánico fueron realizados por Colin Maclaurin (1742). Muchos métodos importantes de integración de ecuaciones diferenciales los elaboraron por vez primera para las ecuaciones de la mecánica L.Euler, Juan y Daniel Bernoulli, D'Alembert, A.Clairaut, J.Lagrange y otros. En buena medida gracias a los trabajos en la mecánica se desarrollaron la teoría de las ecuaciones lineales homogéneas y no homogéneas y de sus sistemas, así como el método de variación de las constantes arbitrarias. En el campo de la mecánica celeste también se crearon los primeros métodos para resolver ecuaciones no lineales, en particular, los métodos de aproximación: el "método de Euler", el de parámetro pequeño, el empleo de las series trigonométricas.

J.Lagrange, W.Hamilton y C.Jacobi señalaron reiteradamente y con toda claridad que la mecánica clásica de los sistemas desde el punto de vista matemático, no es otra cosa que la teoría de los sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias de segundo orden:

$$m_i x_i'' = \frac{\partial U}{\partial x_i}, \quad m_i y_i'' = \frac{\partial U}{\partial y_i}, \quad m_i z_i'' = \frac{\partial U}{\partial z_i},$$

donde m_i es masa del i-ésimo punto material con coordenadas (x_i, y_i, z_i) y $U(x,y,z)$, función de la fuerza. En 1835, W.Hamilton escribió que la integración de dichas ecuaciones diferenciales del movimiento del sistema constituían el problema principal y probablemente único de la dinámica matemática[2].

Según destacara V.Arnold, la teoría de las ecuaciones diferenciales ordinarias "permite estudiar los más diversos procesos de evolución que pueden determinarse, tener dimensión finita y ser diferenciables"[3]. Estas tres propiedades forman la base de la mecánica de los sistemas discretos. A propósito, la expresión exacta de la idea de la determinación son los teoremas de existencia y unicidad de la solución de las ecuaciones dife-

renciales ordinarias. Para una ecuación elemental de primer orden $y'=f(x,y)$, semejante teorema fue demostrado por primera vez en conferencias de A.Cauchy, dictadas en 1820-1830[4]. Es evidente la relación entre el determinismo de Laplace y los teoremas de existencia y unicidad de la solución de las ecuaciones diferenciales ordinarias.

En los límites de la mecánica celeste y la teoría de las oscilaciones y (en parte) de la física matemática, se desarrollaron nuevos métodos de integración, en particular, los que resuelven con series según las funciones especiales. Más tarde estos métodos fueron interpretados según la teoría de los grupos. Uno de los campos principales de aplicación de los métodos de la mecánica analítica en el siglo XIX fue el de los problemas de la mecánica celeste; muchos de estos problemas, ante todo el de tres cuerpos, no se lograban integrar. Esto estimuló, en primer término en las obras de H.Poincaré, la elaboración de la teoría cualitativa de las ecuaciones diferenciales que fue también uno de los más importantes puntos de partida en la creación de la topología homotópica (1880-1886)[5].

Mecánica como cálculo de variaciones

Ya con Euler estaba claro que todos los fenómenos mecánicos pueden reducirse a la solución del problema del extremo de una integral, que con Leibniz pasó a denominarse acción. G.Leibniz y P.Maupertuis definieron la acción como suma de los productos de las cantidades de movimiento de los cuerpos del sistema por los caminos recorridos por ellos (Σmvs). Euler aplicaba los métodos analíticos al problema de la braquistocrona y otros similares permitiéndole crear, en los años 30 y 40 del siglo XVIII, los rudimentos del cálculo de variaciones, que reunió en el tratado *Método para hallar líneas curvas con propiedades de máximo o de mínimo, o solución del problema isoperimétrico*[6].

Al reducir el problema de variaciones a la solución de la respectiva ecuación diferencial, denominada posteriormente con su nombre, Euler demostró que las ecuaciones de movimiento de la mecánica newtoniana son de este tipo (por ejemplo, en el caso del movimiento de un cuerpo por la acción de una fuerza central). En casos

más complejos surgían dificultades matemáticas que requerían seguir desarrollando el cálculo de variaciones. Lo continuó Lagrange, quien en los años 50 y 60 del siglo XVIII redujo la mecánica al principio de variaciones, el de la acción mínima, vinculado directamente con el "cálculo de variaciones", que él desarrolló. Pese a esto, Lagrange prefería formular la mecánica a partir del principio de D'Alembert-Lagrange, por entender que el principio de la acción mínima requería ser completado por el principio de la conservación de la energía y porque se asociaba con la teleología a la que Lagrange era ajeno.

Hamilton dio una formulación de variaciones más adecuada de la mecánica clásica[7]. Desarrolló su método de la función característica y en 1834 y 1835 demostró que la mecánica analítica puede reducirse al problema de variaciones para la integral

$$S = \int_0^t (T+U)dt:$$

$$\delta S = 0,$$

donde U es función de fuerza y T, energía cinética del sistema. Posteriormente C.Jacobi dio a esa demostración el nombre de postulado de Hamilton. Así, desde el punto de vista matemático, la mecánica pasaba a ser un capítulo del cálculo de variaciones y de modo más evidente y directo que en los trabajos de Lagrange. Hamilton formuló este principio como regla, relacionándolo con ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de primer orden para la función.

Más tarde, esa regla y la ecuación mencionada en derivadas parciales de primer orden (que se conoce como ecuación de Hamilton-Jacobi), en forma generalizada, formaron parte del cálculo de variaciones. La teoría de los campos de los extremos desarrollada a finales del siglo XIX y comienzos del XX se basaba en los métodos de Hamilton y Jacobi. El último, como M.Ostrogradski comprendía la estructura variacional de la mecánica. Ostrogradski, por ejemplo, escribió en sus vastas memorias *Ecuaciones diferenciales del problema de isoperímetros* (1850) que la dinámica "no es sino un caso muy particular de los isoperímetros"[8].

Por el "problema de isoperímetros" entendía Ostro-

gradski el cálculo de variaciones. I.Pogrebisski caracterizaba así el entrelazamiento de las investigaciones de la mecánica analítica con el cálculo de variaciones realizado por Jacobi y Ostrogradski: "Al igual que las *Conferencias sobre la dinámica* de Jacobi incluyen muchos de los resultados obtenidos por éste en el campo del cálculo de variaciones, las *Memorias sobre los isoperímetros* están estrechamente vinculadas con los trabajos de Ostrogradski en mecánica"[9].

Si las condiciones necesarias para la existencia del extremo fueron formuladas, en rasgos generales, por Euler y Lagrange, la solución del problema de las condiciones suficientes tardó bastante tiempo. La primera formulación correcta de las condiciones suficientes, que pertenece a Jacobi, también se relacionaba con las investigaciones en la mecánica analítica[10]. El papel decisivo lo desempeñó en este aspecto el método de la función característica, de Hamilton, que consideraba los datos iniciales como variables. Jacobi, en su método de variación de las constantes arbitrarias, empleó, en realidad, la misma idea y con ayuda de este método estableció la condición suficiente del extremo relacionada con la conservación de la ley de la segunda variación (1837).

También en adelante, la mecánica analítica continuó influyendo en el desarrollo del cálculo de variaciones. Citemos solo los teoremas de E.Noeter sobre los problemas invariantes de variaciones preparados, en gran médida, por la determinación de la interdependencia entre las leyes de la conservación y los principios de simetría en la mecánica analítica[11], y sobre la integral invariante de Hilbert y el "teorema de independencia" relacionado con ésta, que se aproximan mucho a algunas investigaciones más tempranas en la mecánica analítica de Ostrogradski y Beltrami, así como a la teoría de los invariantes integrales[12]. Por medio del cálculo de variaciones la mecánica analítica también influía en el desarrollo de otras partes de la matemática: el análisis funcional, la teoría de las ecuaciones integrales, etc.

Mecánica como teoría de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de primer orden

En los trabajos de Euler, D'Alembert, Lagrange, Pfaff u Cauchy la teoría de las ecuaciones en derivadas parciales de primer orden no fue relacionada con aplicaciones a diferencia de las ecuaciones en derivadas parciales de segundo orden. Esta teoría logró el progreso decisivo solo después que Jacobi, basándose en las investigaciones de Hamilton y en sus trabajos elaboró dos métodos para resolver las ecuaciones de primer orden que llevan su nombre.

Los trabajos de Lagrange, Pfaff y Cauchy evidenciaron la afinidad entre el problema de integración de las ecuaciones en derivadas parciales de primer orden con la integración de algunos sistemas de las ecuaciones diferenciales ordinarias. Hamilton en busca de métodos eficaces para integrar los problemas de la mecánica celeste, descubrió la posibilidad de reducir un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias de segundo orden a dos ecuaciones en derivadas parciales de primer orden para cierta función que caracteriza la conducta del sistema mecánico en conjunto (Hamilton lo denominó "función característica")(1834)[13]. Después de los trabajos de Lagrange resultó evidente la importancia de que los sistemas mecánicos sean analizados como un todo. Hamilton no logró elaborar la técnica para integrar las ecuaciones que él mismo halló. Lo hizo Jacobi.

Jacobi demostró que puede limitarse solo a una única ecuación en derivadas parciales de primer orden, que se denominó ecuación de Hamilton-Jacobi,cuya teoría constituyó uno de los más importantes capítulos de la mecánica analítica. Jacobi reveló la profunda relación entre las investigaciones puramente matemáticas de las ecuaciones en derivadas parciales y los trabajos de Hamilton.Sintetizó estos resultados en las *Conferencias sobre la dinámica*, dictadas en 1842 y 1843, publicadas tan solo en 1866[14]. En ellas se describen los métodos de integración de las ecuaciones de primer orden arriba mencionados. Hamilton y Jacobi entre 1837 y 1843 presentaron la mecánica como parte de la teoría de las ecuaciones en derivadas parciales de primer orden, lo que

abrió un nuevo y fructífero campo para la mecánica analítica (teoría de Hamilton-Jacobi) y condujo a adelantos decisivos en la creación de la teoría de las ecuaciones de primer orden.

La esencia del "primer método de Jacobi" consistía en construir un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias que respondía a una ecuación de primer orden (en la mecánica es un sistema de ecuaciones canónicas), en la solución de este sistema y en el ulterior cálculo de la integral de la ecuación del primer orden (en la mecánica esto corresponde al cálculo de la función de acción). Jacobi expuso este método en un trabajo de 1837. Sus razonamientos expuestos en ese trabajo estaban más próximos a Pfaff que a Hamilton. Sin embargo, lo más probable es que también en esto su punto de partida hayan sido las ideas de Hamilton, dado de que el propio Jacobi en sus trabajos de 1837 destacaba la importancia de la tarea de Hamilton en el estudio de las ecuaciones en derivadas parciales de primer orden y denominaba su "primer método" generalización del método de Hamilton[15].

El "primer método" tuvo mayor importancia de principio que práctica. Más eficaz, desde el punto de vista práctico, resultó el "segundo método de Jacobi", expuesto en un artículo de 1838, no publicado durante la vida del científico, y en sus *Conferencias sobre la dinámica*. Este método también tenía raíces en la mecánica analítica y se relacionaba con la aplicación del teorema de Poisson-Jacobi sobre la obtención a partir de dos integrales del movimiento, de una tercera mediante la operación del "paréntesis de Poisson". En este sentido Jacobi abordó de lleno la concepción de las transformaciones de contacto como fundamento para construir la teoría general de las ecuaciones en derivadas parciales y, al mismo tiempo, como representación geométrica más profunda de la mecánica analítica.

Sofus Lie elaboró la teoría de las transformaciones de contacto que aplicó a las ecuaciones en derivadas parciales de primer orden. Mediante la transformación de contacto correspondiente, las ecuaciones se reducían al tipo elemental, hecho que permitía hallar la solución sin recurrir a las integrales. En la teoría de las ecuaciones en derivadas parciales -al igual que en la mecánica- el problema se reducía a hallar las transformaciones de contacto necesarias. A pesar de que Lie des

tacara los orígenes geométricos de sus trabajos, sus investigaciones las basaba en las obras de Hamilton y Jacobi. Por consiguiente, la mecánica analítica también fue una de las fuentes para los trabajos de Lie. La historia del estudio de las ecuaciones en derivadas parciales de primer orden se analiza más detalladamente en los trabajos de S.Demídov[16].

La mecánica como geometría de Riemann

La "expulsión" de la geometría de la mecánica emprendida por Lagrange, Hamilton y Jacobi fue, en realidad, aparente. Con el correr del tiempo el concepto geometría se amplió y se entendió que la mecánica analítica es geométrica por entero. En dependencia del formalismo que se empleaba (el de Lagrange o el de Hamilton) podía representársela ora como la de Riemann, ora como la geometría simpléctica. Además, antes que se formara definitivamente la geometría de Riemann se hizo evidente que la teoría de Gauss de la superficie se comparase con la mecánica en la formulación de Lagrange (empleadas las coordenadas generalizadas y ecuaciones de Lagrange de segundo género), tanto más por cuanto Carl Gauss deducía las ecuaciones de las geodésicas, basándose en el principio de variaciones, siendo las coordenadas curvilíneas de Gauss bastante análogas a las generalizadas. La mecánica analítica abría así el camino hacia la geometría diferencial multidimensional con métrica cuadrática.

Fue Jacobi quien se acercó a la formulación geométrica correspondiente de la mecánica: eliminando el tiempo del principio de la acción mínima, de hecho obtuvo el principio de la línea geodésica en el espacio multidimensional de Riemann (1837)[17].

$$\delta \int ds_1 = 0,$$

donde $ds_1^2 = 2(U+h) \sum m_i \, ds_1^2$; $ds_i = v_i dt$; $T-U=h$; m_i, v_i son masa y velocidad del i-ésimo punto material, T y U son energía cinética y función de la fuerza del sistema.

Es cierto que Riemann pasó por alto este elocuente ejemplo de la geometría diferencial multidimensional con métrica cuadrática al ofrecer en 1854 el famoso es-

bozo de su geometría, aunque las razones físicas y mecánicas no eran de poca importancia para él.

F.Minding (1864), E.Beltrami (1869) y R.Lipschitz (1871) dieron una formulación más amplia y razonada de la mecánica de Lagrange en forma de geometría diferencial multidimensional con métrica cuadrática, y, por fin, fue Darboux quien, con sus *Conferencias sobre la teoría general de la superficie* (1889), culminó este período en el desarrollo de la geometrización de la mecánica. Teniendo en cuenta métodos de la geometría diferencial multidimensional, Darboux escribía en la parte inicial del capítulo dedicado a la mecánica: "Los métodos que hemos aplicado en los dos capítulos anteriores, se extienden al problema general de la mecánica. No sería vano definir un nuevo método (geométrico - *Nota del autor del artículo*) de exposición de los resultados fundamentales que se deben a Hamilton y a Jacobi, ya que nos acercaremos así a ciertas propiedades generales de las formas cuadráticas, que esclarecerán los resultados precedentes y nos serán útiles en adelante"[18].

La formulación geométrica de la mecánica tuvo un desarrollo muy lejos de ser trivial y se aplicó en la construcción de la mecánica clásica iniciada por Henrique Hertz. (Su obra *Principios de la mecánica* fue editada en 1894, después de la muerte del autor)[19]. Vinculó la renuncia del concepto fuerza, característico de la física de la teleacción, con la geometrización del movimiento mecánico al estilo de Beltrami, Lipschitz y Darboux a quienes se remitía directamente. Empleó como ley dinámica el postulado de la coerción mínima de Gauss, que en el marco de un esquema geométrico tomaba forma del comienzo del camino más directo. Antes de conocerse la teoría de la relatividad, la mecánica "sin fuerza" de Hertz interpretada en el lenguaje de la geometría multidimensional de Riemann (la curvatura del espacio se aseguraba en este caso no por la gravitación, sino por los vínculos cinemáticos del sistema que limitan sus movimientos ocultos), se presenta como una anticipación significativa de la teoría de Einstein. Por otra parte, ni el propio Einstein, ni los investigadores de su obra mencionaban la influencia que las ideas de Hertz habrían ejercido en la génesis de la concepción tensorial geométrica de la gravitación, aunque,

claro está, Einstein conocía a fondo la mecánica de Hertz.

Los métodos tensoriales en la mecánica analítica se refieren por primera vez en un artículo de G.Ricci y T.Levi-Civita (1901)[20], que se considera con razón obra clásica en el análisis tensorial y que desempeñó importante papel en la creación del aparato matemático de la teoría general de la relatividad. Las ecuaciones de Lagrange fueron repetidas en este trabajo en forma de ecuaciones de las geodésicas con ayuda de los símbolos de Christoffel. A pesar de que eran muy profundas y diversificadas las relaciones entre la mecánica analítica y la geometría de Riemann, la primera no ejerció influencia sustancial sobre la segunda. En el siglo XX la geometrización de la mecánica no holónoma pasó a ser uno de los factores principales de la elaboración de la geometría diferencial de las variedades no holónomas.

Mecánica como geometría simpléctica

La geometría simpléctica es geometría del espacio de fases. "En los últimos años la geometría simpléctica y la de contacto (la geometría de contacto constituye el análogo de dimensiones impares de la simpléctica - *N. del A.)* -escribe V.Arnold- aparecen en todas las partes de la matemática; como en toda alondra debe crecer el penacho, toda parte de la matemática, en definitiva, se hace simpléctica"[21]. Por consiguiente, la simplectización es una dirección grande y fructífera en la matemática, a la cual Arnold compara con la algebraización, la bourbakización, etc. Mas en la etapa inicial la geometría simpléctica se desarrolló en la mecánica analítica y campos matemáticos afines (cálculo de variaciones), la teoría de las ecuaciones en derivadas parciales de primer orden, etc.). Teniendo en cuenta la geometría simpléctica, V.Arnold escribe: "Constituyó fruto de un largo desarrollo de la mecánica, el cálculo de variaciones, etc. En el siglo pasado este campo de la geometría era denominado dinámica analítica"[22].

La geometría de las variedades simplécticas descansa en la "diferencial bilineal", que corresponde a un par de vectores infinitamente pequeños y, de esta manera, a un elemento del área. Estas variedades son localmen-

te estructuradas como espacio lineal simpléctico, o sea, el espacio lineal de dimensión par dotado en forma asimétrica bilineal. H.Weyl denominó simpléctico (de la palabra griega συμπλεκτικός, que une) al grupo de la simetría de este espacio (1939)[23].

Aunque la formación de la geometría simpléctica en el marco de la mecánica analítica fue enlazado, en primer lugar, con la creación de la teoría de las transformaciones canónicas, ya en la primera edición de *Mecánica analítica* Lagrange, elaborando métodos de variación de las constantes arbitrarias, destacó el carácter invariante de la forma diferencial bilineal:

$$\delta q_i \Delta p_i - \delta p_i \Delta q_i,$$

más exactamente, su constancia en el tiempo[24]. Con este "invariante bilineal" se relacionaban las investigaciones de Lagrange y Poisson que condujeron al paréntesis de Lagrange y Poisson (1808-1809) que desempeñó importantísimo papel en la creación de la teoría de las transformaciones canónicas.

El formalismo simpléctico de la mecánica también es conocido como "formalismo de Hamilton" o "mecánica de Hamilton". Esto es justo, ya que fue Hamilton quien definió en sus trabajos (1834-1835) las ecuaciones canónicas de la mecánica, que abrieron camino a la introducción del espacio de fases. Prestó Hamilton especial atención a la acción, para la que formuló el fundamental principio de variaciones de la mecánica (principio de Hamilton) y asimismo obtuvo la ecuación en derivadas parciales de primer orden (ecuación de Hamilton-Jacobi) orgánicamente relacionada con la teoría de las transformaciones canónicas y, en fin, la analogía óptico-mecánica de Hamilton precisamente conducía a la interpretación del movimiento mecánico como desarrollo gradual de la transformación de contacto. En una monografía actual, dedicada a la geometría simpléctica y sus aplicaciones se dice que la geometría de las variedades simplécticas es versión contemporánea de la teoría de Hamilton-Jacobi[25]. Son los cuaternos descubiertos por Hamilton a mediados de los años 40 los que ofrecen una realización más adecuada del grupo simpléctico Sp(n).

Jacobi desarrolló las ideas y los métodos de Hamilton al acercarse más que todos a la teoría de las transfor-

maciones canónicas. En el mismo sentido trabajó Ostrogradski quien utilizó ampliamente el "invariante bilineal" de Lagrange, en particular, para deducir las ecuaciones canónicas y demostrar el teorema de Poisson-Jacobi de las primeras integrales. "La ecuación (23) que manifiesta la constancia en el tiempo de la expresión que se encuentra entre paréntesis (o sea, de la forma diferencial bilineal $(\delta q_i \Delta p_i - \delta p_i \Delta q_i)$ - *Nota del autor del artículo)* -escribía N.Zhukovski sobre el artículo de Ostrogradski *Acerca de la variación de las constantes arbitrarias en los problemas de la mecánica* (1847)- es la que sirve de punto de partida para los razonamientos de Ostrogradski. Deduce de ello teoremas fundamentales de la dinámica y la aplica a las soluciones de problemas de la mecánica celeste sobre la función de perturbación"[26].

A comienzos de los años 70 del siglo XIX, Sofus Lie en su geometría de las transformaciones de contacto enlazó las investigaciones geométricas precedentes realizadas por G.Monge, J.Poncelet, J.Gergonne, J.Plücker y otros con los logros de Hamilton y Jacobi en la mecánica analítica, cimentando así las bases de la geometría simpléctica como parte de la geometría. La geometría de las transformaciones de contacto por Lie fue clave para la teoría de las ecuaciones en derivadas parciales de primer orden. Por otro lado, de la geometría de las transformaciones de contacto y la concepción geométrica de la integración de las ecuaciones diferenciales, Lie llegó a la causa fundamental de su vida: la teoría de los grupos de Lie y la de las álgebras de Lie[27]. La concepción de las transformaciones infinitesimales, que es el fundamento de esta teoría, la introdujo por vez primera en la teoría de las transformaciones de contacto, aplicándola a la mecánica.

La teoría de los invariantes integrales elaborada a finales del siglo XIX y comienzos del XX gracias a los esfuerzos de A.Poincaré, S.Lie, E.Cartan y otros constituyó otro canal importante de la influencia de la mecánica analítica en la geometría simpléctica. La interpretación actual de la geometría simpléctica se formó en los años 40 y 50 de nuestro siglo en los trabajos de A.Lichnerowicz, F.Klein, F.Gallissot, C.Godbillon y otros,mientras que la geometría diferencial de las variedades simplécticas se desarrolló de manera sistemá-

tica a partir de los años 60 y 70 (A.Veinstein, B.Kostant, J.M.Souriau, L.Hörmander, S.Sternberg, J.Moser, V.Arnold, A.Kirílov y A.Guivental).

Conclusiones

La creación de la mecánica analítica y su percepción como intermediario entre la mecánica y la matemática estuvieron íntimamente vinculadas con notables procesos en disciplinas científicas a fines del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XIX: cambios en los métodos de educación, traslado de los focos de actividad científica de las academias a los centros de enseñanza superior, formación de nuevas disciplinas científicas, etc.[28].

Si en Francia la necesidad de desarrollar la mecánica analítica estaba vinculada en muchos aspectos con la formación de una base teórica y matemática única con la variedad de disciplinas mecánicas aplicadas que se dictaban en la Escuela politécnica de París, en Alemania las premisas para un desarrollo intenso de la mecánica analítica se crearon en el proceso formativo de la concepción de la matemática pura, proceso en que fueron protagonistas Jacobi y la Universidad de Königsberg. La división de la matemática en pura y aplicada permitió interpretar los formalismos de la mecánica analítica como casos particulares de las respectivas teorías matemáticas. Las peculiaridades del aporte que Hamilton hizo en la mecánica analítica se relacionaban con su carrera de astrónomo y se expresaron en el afán por hallar la base matemática única para la óptica geométrica (teoría de instrumentos astronómicos) y la mécanica celeste (teoría del movimiento de los cuerpos celestes).

El material analizado nos introduce en el círculo de importantes problemas metodológicos de las ciencias naturales exactas, en problemas como el de las ideas equivalentes de la teoría científica, la "eficacia increíble de la matemática en las ciencias naturales" (E.Wigner), que es análoga a la "eficacia increíble" de la mecánica analítica en la física, problemas de los mecanismos con que las teorías de las ciencias naturales influyen en la matemática, etc. Hemos visto que la eficacia matemática de la mecánica analítica se vinculó con la existencia de gran cantidad de formalismos mate-

máticos equivalentes a esta teoría. Este último aspecto, según R.Feynman, es índice indiscutible de una "buena" y profunda teoría científica. Con eso se explica también el criterio "matemático" de la eficacia de los programas de investigación de I.Lakatos (como regla general, son fructíferos los programas que ofrecen potentes estímulos para el desarrollo de la matemática"[29].

Por otro lado, las teorías físicas "buenas" (por ejemplo,la mecánica clásica) destacan, digamos, estructuras matemáticas "polivalentes", o sea,estructuras matemáticas ricas en diversas relaciones. El subsiguiente "juego matemático" con ellas en el plano de la generalización y el desarrollo lleva, por lo común, a una matemática "buena" y de profundo contenido que, posteriormente, es muy eficaz cuando se elaboran nuevas teorías físicas.

A pesar de las profundas conmociones que hubo en la física en los siglos XIX y XX, las estructuras de la mecánica analítica surgidas en terreno físico tan pobre a primera vista como es la mecánica de los puntos materiales, siguen desempeñando hasta la fecha importantísimo papel en la estructura de las teorías físicas fundamentales. En el aparato conceptual de la física teórica contemporánea las palabras "acción", "lagrangeano", "hamiltoniano", "variables canónicas" continúan siendo clave. Cada vez se hace más evidente la importancia de la geometría simpléctica para la física teórica. En esto radica la "eficacia increíble" de la mecánica analítica en la física. Pero esto es absolutamente otro problema que, aunque está relacionado con el conjunto de problemas enfocados aquí, rebasa mucho el marco del tema examinado. La identificación de las estructuras de la mecánica con las de la matemática que se operaba en el campo de la mecánica analítica significa, como hemos visto, el mecanismo fundamental de la influencia de la mecánica de los sistemas discretos en el desarrollo de la matemática en general. Esta identificación también fue importante al extremo para el progreso de la mecánica, puesto que agregaba al arsenal de sus métodos los poderosos recursos de la matemática, hecho que multiplicaba las capacidades de cálculos de la mecánica, imponía claridad y rigidez en su esquema teórico, abriendo nuevos caminos hacia las generalizaciones.

---

[1] L.Euler. *Mechanica, sive motus scientia analiticao exposita*, Petropoli, 1736, t. 1,2.

[2] W.R.Hamilton. "Second essay on a general method in dynamics", *Phil. Trans. Roy.Soc.*, part 1, 1835, pp. 95-144; reprint: W.R.Hamilton. *Mathematical papers*, Cambridge, 1940, t. 2, pp. 162-212.

[3] V.I.Arnold. *Ecuaciones diferenciales ordinarias*, Moscú, 1971, pág. 7 (en ruso).

[4] Véase M.Kline. *Mathematical thought from ancient to modern times*, New York, 1972.

[5] E.Scholz. *Geschichte des Mannigfaltikeitbegriffes von Riemann bis Poincaré*, Boston etc.: Birkhäuser, 1980, S. 430.

[6] L.Euler. *Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentis, sive solutio problematis isoperimetrici latissimo sensu accepti*, Lausanne et Genevae, 1744.

[7] L.S.Polak. *Principios variacionales de la mecánica, su desarrollo y aplicación en la física*, Moscú, 1960 (en ruso).

[8] M.V.Ostrogradski. "Ecuaciones diferenciales del problema de los isoperímetros", *Principios variacionales de la mecánica*, Moscú, 1959, pág. 316 (en ruso).

[9] I.B.Pogrebisski. *De Lagrange a Einstein. Mecánica clásica del siglo XIX*, Moscú, 1966, pág. 227 (en ruso).

[10] A.V.Doroféeva. "Desarrollo del cálculo variacional como cálculo de variaciones", *Investigaciones histórico-matemáticas*, Moscú, 1961, fasc.14, págs. 101-180 (en ruso).

[11] V.P.Vizguín. *Desarrollo de los principios de la simetría con las leyes de conservación en la física clásica*, Moscú, 1972 (en ruso).

[12] L.S.Polak. *Ob.cit.*

[13] W.R.Hamilton. "On a general method in dynamics", *Phil.Trans.Roy.Soc.*, part 2, 1934, pp. 247-308; re-

print: W.R.Hamilton. *Mathematical papers*, ed.cit., pp. 103-162.

14 K.G.I.Jacobi. *Vorlesungen über Dynamik*, Berlin, 1966.

15 S.S.Demídov. "Acerca de la historia de la teoría de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de primer orden "Primer método" de K.Jacobi", *Investigaciones histórico-matemáticas*, ed.cit., 1982, fasc. 26, págs. 137-152.

16 Ibídem; S.S.Demídov. "Desarrollo de las investigaciones de las ecuaciones en derivadas parciales de primer orden en los siglos XVIII-XIX", *Investigaciones histórico-matemáticas*, ed.cit., 1980, fasc. 25, págs. 71-103; S.S.Demídov."Acerca de la historia de la teoría de S.Lie de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales", *Ob.cit.*, 1978, fasc. 23, págs. 97-117.

17 K.G.I.Jacobi. *Ob.cit.*

18 G.Darboux. *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, part 2, Paris, 1889, p. 450.

19 H.Hertz. *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt*, Leipzig, 1894.

20 G.Ricci, T.Levi-Civita. "Méthodes de calcul differéntiel absolu et leurs applications", *Math.Ann.*, 1901, Bd. 54, SS. 125-201.

21 V.I.Arnold. *Teoría de las catástrofes*, Moscú, 1983, pág. 69 (en ruso).

22 Ibid., pág. 58.

23 H.Weyl. *The classical groups, their invariants and representations*, Princeton, 1939.

24 J.L.Lagrange. *Mécanique analytique*, Paris, 1788.

25 Véase V.Guillemin, S.Sternberg. *Geometric asymptotics*. Providence, Rhode Island, 1977.

26 N.E.Zhukovski. "Obras científicas de M.Ostrogradski sobre la mecánica", *Recopilación matemática*, 1902, t. 22 (en ruso); reproducido: N.E.Zhukovski. *Obras completas*, Moscú-Leningrado, 1937, t. 9, pág. 409 (en ruso).

27 S.S.Demídov. "Desde el paréntesis de Poisson hasta las álgebras de Lie", *Ob.cit.*, 1983, fasc.27, págs. 275-289.

28 F.Klein. *Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19.Jahrhundert*, Berlin, 1926, t. l.

29 I.Lacatos. "Falsifications and methodology of scientific research programmes", *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, 1970, p. 137.

METODOLOGIA DE LA HISTORIA DE LA TECNICA DE AVIACION

Yuri Voronkov,
candidato a doctor en
Ciencias Técnicas

La historia de la ciencia y la técnica de aviación atrae siempre (prácticamente desde el momento de la aparición de los primeros proyectos más o menos fundamentados de aparatos volantes más pesados que el aire utilizando el principio aerodinámico de vuelo) la atención de los investigadores, y últimamente el interés hacia estos problemas ha crecido en grado considerable.

En la base de este fenómeno se pueden notar dos causas: primera: el progreso continuo de la ciencia y la técnica de aviación, -alcances modernos que provocan interés a la historia, al análisis del proceso que hizo posibles estos alcances-; segunda (naturalmente no existente en "forma pura" y también ligada, aunque indirectamente, con los éxitos contemporáneos de la ciencia y la técnica de aviación): el crecido nivel teórico de la misma historia de este dominio del conocimiento y la técnica.

La segunda causa evidencia el desarrollo acelerado de la historia de la ciencia y la técnica (como ciencia independiente) y de la historia de la ciencia y la técnica de aviación, como su componente, y al mismo tiempo caracteriza la profundización del proceso de "autognosia" de la ciencia y la técnica de aviación. El interés estable por la historia es indicio de un determinado grado de madurez del dominio cuya historia se investiga.

Existe gran profusión de publicaciones sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación. Estas publicaciones son muy disímiles, y por ahora es difícil juzgar con plenitud sobre todas las direcciones de investigaciones en este campo. Sin embargo, puede separarse aproximadamente las principales.

Lo primero que salta a la vista es que la estructura de los trabajos sobre la historia de la ciencia y la

técnica de aviación repite en lo fundamental la estructura de esta rama de la ciencia y la técnica, reflejando el desarrollo de la aerodinámica y gasodinámica, de la teoría de los motores, de las estructuras de aviones y motores, de los sistemas de mando, etc. Además, la distribución de estos trabajos según la fecha de su publicación refleja determinados cambios cualitativos en el desarrollo de la misma rama: al resolver grandes problemas científicos o de diseñado en la aviación crece bruscamente la cantidad de trabajos dedicados a la historia de los problemas respectivos. En el dibujo gráfico del carácter de distribución de las publicaciones según el tiempo esto se destaca claramente.

Como ejemplo más típico se puede alegar el paso en la aviación de los motores de pistón a los de propulsión. La solución científica, de diseño, de producción y explotación de este problema cardinal para la aviación se acompañó prácticamente en los mismos límites cronológicos, por un incremento brusco que superaba muchas veces el nivel habitual de la cantidad de publicaciones sobre historia de la ciencia y la técnica de aviación.

Los trabajos históricos sobre diversas direcciones de la ciencia y la técnica de aviación se distribuyen también de modo no uniforme. La mayoría de los trabajos -en particular, extranjeros- se consagran a la historia de la creación de las máquinas y sistemas (aviones, motores, sistemas de mando, armamento, etc.) e incluso de conjuntos y elementos (hélices de paso variable, paletas enfriadas de turbinas, etc.). Las publicaciones de este tipo tienen un carácter ya bien de descripción de la experiencia del acabado, ya bien de propaganda de alcances de algunos diseñadores y organizaciones de diseño.

La segunda particularidad es la brusca disminución de los trabajos a medida que crece el grado de generalización del objeto examinado: historia de las series y familias de máquinas; historia de las máquinas de organizaciones de diseño; historia de las "ramas" de la ciencia y la técnica de aviación: aerodinámica, aviones, motores; trabajos sintetizados sobre el desarrollo de la ciencia y la técnica de aviación (en algunos períodos y en algunas regiones, o intentos de reconstrucción de la historia de la ciencia y la técnica de avia-

ción como proceso único). Los trabajos de este último tipo constituyen la minoría, y si los apreciamos no solo según la idea de los autores expresada en el título, sino también según el tema, tales trabajos se cuentan por unidades (como ejemplo, pueden citarse las obras de K.Veiguelin, V.Boljovítinov) y difieren por principio uno de otro tanto por el planteamiento del problema, como por la ejecución.

Y, por fin, la tercera particularidad evidente consiste en que faltan definiciones precisas ante todo de las nociones principales: ciencia y técnica de aviación, tanto de cada una por separado, como de todo el complejo. Necesitan una definición más estricta también conceptos tales (aplicables a la ciencia y la técnica de aviación), como historia, desarrollo y otros.

La estructura de las investigaciones formada durante muchos años refleja los procesos reales de desarrollo de la historia de la rama, como dirección científica independiente, y por eso es expresión objetiva de una determinada ley de la rama de conocimiento en cuestión. Desde este punto de vista se puede hablar solo sobre el esclarecimiento de las direcciones de su posible desarrollo en el futuro.

Aquí hay que señalar que entre un conjunto de trabajos sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación faltan prácticamente los dedicados a sus problemas metodológicos. Los principios metodológicos están contenidos, naturalmente, en cada trabajo científico sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación, pero éstos se elaboran prácticamente de nuevo cada vez, en gran medida intuitivamente, al resolver nuevos problemas concretos de investigación. Esto se explica ante todo por la complejidad y cierta indeterminación de la finalidad de la investigación, su objeto, tales cuestiones, como la periodización y otras, es decir, de todo el complejo de cuestiones que constituyen el concepto de metodología. Pero, posiblemente, se pueda decir también que no existía una necesidad aguda de elaboración de tales principios.

Tal vez, la historia de la ciencia y la técnica de aviación solo hace poco comenzó a afirmarse como dominio independiente de investigaciones científicas, no solo satisfaciendo la curiosidad de los interesados por las cuestiones al respecto, sino resolviendo también

una serie de problemas no menos importantes, ligados con la formación de la concepción científica del mundo, la propaganda de las realizaciones científicas y técnicas, la apreciación de las posibles direcciones del desarrollo ulterior de la aviación. Todo eso hace actual el planteamiento de las cuestiones metodológicas en la elaboración de la historia de la ciencia y la técnica de aviación, algunas de las cuales se examinan en el presente artículo.

Sin duda la metodología es inherente a la investigación científica, por eso no puede ser creada fuera de dichas investigaciones sin correr el riesgo de obtener un instrumento poco eficaz y formal. En otras palabras, la metodología es no solo un punto de partida de la investigación, sino también uno de sus resultados más importantes.

Los principios metodológicos de partida para la elaboración científica de la historia de la ciencia y la técnica de aviación fueron y siguen siendo los principios marxistas-leninistas para la investigación del desarrollo de la ciencia y la técnica. Tan solo partiendo de estos principios y de acuerdo con ellos se puede hablar de la metodología para el análisis del desarrollo de la ciencia y la técnica de aviación. Subrayando ante todo la objetividad de la investigación, conviene indicar la necesidad de examinar el proceso a investigar en todo el conjunto de contradicciones que lo caracterizan, incluyendo, en primer lugar, las sociales, que determinan el desarrollo de la ciencia y la técnica de aviación. La finalidad de una investigación no es tanto la reconstrucción, la restitución de algún proceso en toda la totalidad de factores que lo describen, como la búsqueda y el descubrimiento de las leyes del desarrollo de este proceso que presentan un interés sustancial para la comprensión del estado actual y de las tendencias del desarrollo ulterior de la ciencia y la técnica de aviación.

La influencia de los factores sociales se evalúa, naturalmente, en dependencia con el objeto concreto a examinar: directamente, al estudiar el desarrollo bien de toda la ciencia y la técnica de aviación, bien de sus partes más importantes, e indirectamente, al analizar el desarrollo de los elementos técnicos o resolver algunos problemas teóricos o experimentales. La unidad

de los factores sociales y científico-técnicos en las investigaciones sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación representa un interés indudable tanto al analizar los cambios en la ciencia y la técnica bajo la influencia de las condiciones socioeconómicas, como al apreciar la influencia del desarrollo de la ciencia y la técnica en el cambio de las condiciones socioeconómicas de la vida de la sociedad.

Por lo tanto, posiblemente, la primera tarea metodológica consiste en un análisis minucioso de la tipología de los trabajos existentes sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación (al confeccionar preliminarmente los resumenes bibliográficos) y de los métodos aplicados en éstos. El cumplimiento de esta tarea permitirá, primero, fijar precisa y estrictamente el conjunto de cuestiones que son metodológicas precisamente para ese dominio de investigaciones, y, segundo, destacar los procedimientos y métodos generales y específicos que se emplean en tales investigaciones.

Pero por ahora podemos hablar solo sobre los problemas más generales que se refieren a la metodología de la historia de la ciencia y la técnica de aviación, entendiendo por metodología no un juego preparado de "recetas", procedimientos y métodos, sino ante todo un medio eficiente de investigación de las condiciones de desarrollo de esta rama en continuo cambio. Entre estos problemas figuran en primer lugar las definiciones de la finalidad, del objeto y de los métodos de la investigación. Naturalmente, lo más complicado es la argumentación de la elección del objetivo de la investigación. Anteriormente se señalaba la tendencia de desarrollo de las investigaciones "en amplitud", es decir, la inclusión para el examen de las direcciones cada vez más novedosas en la ciencia y la técnica de aviación. Sin absolutizar esta tendencia, se puede prever que su aspiración máxima es describir todas las partes que componen la estructura de la ciencia y la técnica de aviación.

Una idea concreta de esta tendencia se obtendrá al confrontar la tipología de los trabajos realizados sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación con el modelo estructural de la propia ciencia y la técnica de aviación. Por ahora no existe semejante modelo, pero es evidente su actualidad para los fines

históricos-metodológicos. Ya en la primera etapa de creación de tal modelo deben ser resueltas cuestiones muy importantes, a saber: una definición estricta de ciencia y técnica para investigar el desarrollo de la aviación. El mismo concepto de "aviación" necesita ser precisado. Siendo utilizado en los casos muy diversos, éste no siempre -ni mucho menos- se corresponde con su definición enciclopédica: vuelo en aparatos más pesados que el aire en el espacio aéreo circunterrestre.

El contenido de los conceptos de "ciencia de la aviación" y "técnica de la aviación" es aún menos definido y se establece de modo intuitivo prácticamente en cada caso concreto. No menos difícil es también determinar, dónde y cómo catalogar y, lo más importante, cómo considerar la industria de la aviación (salvo casos concretos, cuando precisamente la industria -organización, economía, desarrollo técnico, etc.- es objeto de investigación), el desarrollo de los sistemas de apoyo de vuelos (incluyendo todos los complejos terrestres).

Probablemente el modelo indicado debe incluir todo lo que se refiere a la aviación (no tanto la comprensión integral, en su sentido enciclopédico, cuanto en el real y ampliamente empleado), comenzando con la realización de investigaciones fundamentales cuyos resultados pueden ser aprovechados en cualquier esfera de creación o empleo de aparatos de vuelo, y terminando con la utilización de las elaboraciones científicas en otras esferas, así como con el uso de la técnica de aviación que ha consumido su recurso para las necesidades de otras ramas de la economía nacional. Tal modelo, reflejando todo el "ciclo de vida": investigaciones de la posibilidad de creación, producción, aplicación, explotación y utilización final de los aparatos de vuelo descritos, incluirá orgánicamente en las investigaciones científicas, el diseño, la fabricación, la tecnología y la explotación.

La correlación de este modelo con la estructura formada de investigaciones sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación permitirá (sin tomar en consideración la calidad y la objetividad de las investigaciones realizadas) promover supuestos fundamentados sobre la dirección de las investigaciones ulteriores.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que esto se refiere sobre todo a la determinación de los temas de investigación. Tanto más que, junto con esta tendencia (examen de los componentes de la ciencia y la técnica de aviación en sus aspectos principales: cronológico, geográfico, científico, técnico, de organización, económico, biográfico o individual) se manifiesta cada vez más notoriamente otra: el examen del desarrollo de las direcciones de la ciencia y la técnica de aviación desde el punto de vista de la solución de determinados problemas, que sobrepasan los límites de la temática de aviación: por ejemplo, la interacción del hombre y de la máquina, la correlación de la teoría y la práctica al crear un nuevo tipo de técnica, la organización racional de la creación e introducción de un nuevo tipo de máquina, etc.

Hablando sobre los objetivos de las investigaciones, no se tiene en cuenta, naturalmente, presentar cierto conjunto numéricamente limitado. Esto es imposible e innecesario. La elección de los objetivos se determina por una cantidad tan grande de factores diversos (incluyendo los que se someten difícilmente a la definición, como es, por ejemplo, el interés de un investigador concreto), que en el caso dado se puede hablar solamente sobre los principios de elección de los objetivos de investigación, pero no de sus formulaciones concretas. Además, en la historia de la ciencia y la técnica de aviación, igual que en la historia de ciencia y la técnica en general, es imposible una vez y para siempre resolver uno u otro problema científico. Así, por ejemplo, si uno se propone aclarar el proceso de desarrollo, digamos, de la aviación reactiva, sobre este tema se puede realizar una cantidad infinita de investigaciones que no se repitan, pero posteriormente, con la introducción de nuevos datos en la circulación científica, con un nuevo planteamiento del mismo problema, etc., este mismo tema vuelve a ser actual.

Naturalmente, la existente estructura de investigaciones, su orientación a la solución de problemas determinados "han ganado su derecho a la existencia". y es dudoso que sea conveniente cambiar radicalmente tal situación. Pero se hace cada vez más imperiosa la necesidad de salir del círculo acostumbrado de investigaciones.

Con relación a esto es oportuno recordar uno de los principios de elección de los objetivos al elaborar la historia de la ciencia y la técnica de aviación expresado aún al comienzo de los años 30 por los investigadores soviéticos. Las cuestiones de la enseñanza y el estudio de la historia de la aviación no se agotan, ni mucho menos, por las investigaciones de la historia de la ciencia y la técnica de aviación. Se tienen en cuenta también los museos y exposiciones de aviación.

Como se ve, este principio presupone el examen de la historia de la ciencia y la técnica de aviación como si estuviera constituída por tres partes: las investigaciones científicas propiamente dichas: detectación de hechos, su análisis y generalización, el establecimiento de las leyes de desarrollo, etc.; la enseñanza: exposición conceptual en base a las investigaciones científicas realizadas de la historia de la ciencia y la técnica de aviación con fines de instrucción, educación y propaganda; el museo: la elaboración de los principios de exposición y del método de demostración de los monumentos materiales de la ciencia y la técnica de aviación. Todas estas partes en conjunto forman un todo único. Esta idea es bastante fructífera.

Tal unificación no es imaginada, está lógicamente fundamentada; en realidad es la unidad en que solamente es posible un desarrollo más completo y armonioso de la historia de la ciencia y la técnica de aviación como dirección científica. En esta unidad la ligazón la constituyen, por una parte, la comunidad de problemas metodológicos que se resuelven en cada uno de sus componentes, y, por otra, la comunidad de objetivos finales para todos ellos.

Como ya se ha dicho, es imposible formalizar la elección de los objetivos concretos, pero en total podemos determinar los objetivos de las investigaciones efectuadas y de las posibles, y esto es necesario ante todo para el desarrollo ulterior de la historia de la ciencia y la técnica de aviación, como dirección científica independiente. Es decir, se pueden separar, desde luego de modo convencional y no en "forma pura", los siguientes objetivos: cognoscitivos (estudio y análisis de los procesos todavía no investigados del desarrollo de la ciencia y la técnica de aviación); prácticos concretos y pronósticos (para resolver, nor medio de la investi-

gación histórica,de los problemas concretos de la teoría, construcción, producción y explotación de la técnica de aviación actual y establecer las tendencias concretas generales y especiales de su desarrollo ulterior); educativos (formación y desarrollo de la lógica dialéctica del pensamiento, la educación de los sentimientos patrióticos, la creación de una cultura científico-técnica, ante todo, del especialista aeronauta de cualquier rama, como parte de la cultura general del hombre); propagandísticos (demostración amplia y científicamente argumentada de los alcances del pensamiento científico y de diseño, éxitos de la producción y explotación de la técnica de aviación condicionados por las medidas sociales).

Conviene subrayar una vez más la condicionalidad de tal separación: en cada investigación científica sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación se realizan en una u otra medida prácticamente todos los objetivos mencionados, salvo, tal vez, los puramente aplicados.

Intentemos desde este punto de vista apreciar las tesis fundamentales ligadas con la enseñanza de la historia de la ciencia y la técnica de aviación.

La enseñanza se encuentra en una interacción estrecha y compleja con las investigaciones científicas sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación. Siendo uno de los medios de desarrollo de semejantes investigaciones, en particular, forma de preparación de especialistas correspondientes, la enseñanza es al mismo tiempo un objetivo,y bastante práctico,de utilización de los resultados de las investigaciones, sirviendo también de fuente para el planteamiento de nuevos problemas científicos.

En el proceso de instrucción la necesidad de una organización amplia de la enseñanza de la historia de ciencia y la técnica de aviación en los centros de enseñanza superiores correspondientes está dictada actualmente por las siguientes circunstancias principales.

Solo por medio del método histórico (tanto al enseñar las disciplinas histórico-científicas especiales como las disciplinas corrientes de estudio se puede, con mayor plenitud,asegurar la formación de la concepción comunista del mundo entre los estudiantes, así como, lo que no es menos importante, la instrucción de

los métodos de formación de la concepción del mundo.

La historia de la ciencia y la técnica, incluyendo la de la aviación, es, junto con la filosofía, la base metodológica sobre la cual es posible educar una percepción íntegra y dialéctica de cualquier rama de la ciencia y la técnica en la época del brusco crecimiento de la especialización de los conocimientos. El curso de historia de la ciencia y la técnica de aviación permitirá colocar las diversas disciplinas especiales, que se aprenden por los estudiantes, en un contexto general del conocimiento en su desarrollo histórico, asegurará una asimilación considerablemente mejor del material didáctico.

La historia de la ciencia y la técnica de aviación (no como informaciones dispersas "de la historia", sino como una dirección científica) es fundamento indispensable de la cultura científica y técnica de cualquier especialista en aviación. La enseñanza de la historia de la ciencia y la técnica de aviación permite, ya en el proceso de preparación del especialista, darle una representación científica sobre la interrelación de las ciencias sociales, naturales y técnicas en el desarrollo de la aviación.

La enseñanza de la historia de la ciencia y la técnica de aviación es un medio muy eficiente de propaganda de los alcances en la aviación. El museo de la ciencia y la técnica de aviación es necesario ante todo para conservar los monumentos inapreciables de aviación. Tal museo es un medio eficaz de educación del sentimiento patriótico, del orgullo nacional, así como de propaganda de las realizaciones de la ciencia y la técnica de aviación. El museo es un eslabón importante en la realización de investigaciones científicas, el lugar natural de recolección, sistematización y almacenaje de los materiales y documentos históricos.

Resolviendo los mismos problemas que al efectuar las investigaciones, pero en formas algo distintas, el museo posee una particularidad que consiste en la posibilidad de ejercer una profunda influencia emocional sobre los hombres de diversa edad y de diferentes profesiones.

Sobre la unidad interna, natural de las investigaciones sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación, de la enseñanza y de la museología eviden-

cian también los problemas histórico-metodológicos que aparecen en cada uno de estos tres componentes de la historia de la ciencia y la técnica de aviación. Citemos solamente algunos problemas.

El problema de selección, sistematización, clasificación y presentación del abundante material histórico, de estimación y crítica de las fuentes es igualmente actual y se resuelve por métodos semejantes a los utilizados, al llevar a cabo las investigaciones, al elaborar los materiales didácticos y los manuales, al elaborar los planes de exposición del museo: qué y cómo exponer, según qué principio.

El problema de la periodización es también muy parecido en cada uno de los componentes mencionados de la historia de la ciencia y la técnica de aviación.

A problemas análogos se refieren: el establecimiento de prioridades; la correlación del desarrollo de la ciencia y la técnica de aviación en diversos países y, respectivamente, la apreciación del aporte de cada uno de éstos al desarrollo común; el empleo de métodos de otras ciencias para analizar el desarrollo de la aviación, etc.

Pensamos que todo lo expuesto pone en evidencia la necesidad de un enfoque integral, es decir, que incluye los aspectos de "enseñanza" y los de "museos" al llevar a cabo las investigaciones sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación. Tal enfoque permitirá, indudablemente, elevar de modo sustancial el valor científico, propagandístico y educativo de los trabajos sobre la historia de la ciencia y la técnica de aviación.

CIENCIAS TECNICAS E INVESTIGACIONES HISTORICO-CIENTIFICAS

Vladislav Chéshev,
doctor en Ciencias
Filosóficas

La historia de la ciencia está representada preponderantemente por la historia de las ciencias naturales. Entre los problemas que estudia el historiador figuran las cuestiones concernientes a la naturaleza social de la ciencia y a la influencia de factores sociales exteriores en su desarrollo. Al resolver estas cuestiones la atención del historiador está concentrada por lo común en la actividad que produce directamente el conocimiento teórico y las estructuras fundamentales de la ciencia. Sin embargo, tal visión de la ciencia y de la actividad científica empobrece la concepción de la ciencia. Nosotros vemos algo así como su "piso superior", y lo tomamos por la ciencia en general. Por lo tanto los intentos de enlazar la influencia de los factores exteriores en el desarrollo de la ciencia y las modificaciones en este "piso superior" tropiezan con dificultades considerables y no descubren en plena medida el funcionamiento social de la ciencia. La situación puede cambiar y nuestra representación de la ciencia se hará más profunda, si examinamos su contenido interno en lo que se refiere a su relación con la práctica de producción y la realidad social en conjunto, teniendo en cuenta los pisos "medios e inferiores" de la ciencia, es decir, el desarrollo de las ciencias aplicadas y de las investigaciones aplicadas, así como el desarrollo de la práctica ingenieril que tiene lugar simultáneamente.

La concepción marxista de la ciencia se basa en la tesis sobre su ligazón con la práctica, sobre la naturaleza práctica, activa del conocimiento. Aplicada a la actividad cognoscitiva, esta tesis encuentra su expresión acertada en la fórmula: el conocimiento está basado en la práctica que permite compenetrarse mejor con todo el proceso cognoscitivo. Aprovechando esta

tesis, V. Steopin pudo examinar la génesis de los esquemas teóricos de la física[1]. No obstante, la representación mencionada del conocimiento permite penetrar también en una serie de otros mecanismos de la génesis y del funcionamiento de la ciencia. Pero para eso hace falta recurrir a las ciencias técnicas, a su funcionamiento y al papel que éstas han desempeñado en la formación de la ciencia experimental.

No provoca dudas el hecho de que las ciencias aplicadas (técnicas) mediatizan el movimiento hacia "abajo", desde la investigación científica hacia la práctica. Menos evidente es su papel en el movimiento hacia "arriba", es decir, desde la práctica hacia la aparición de esquemas teóricos del conocimiento científico. Mientras tanto, los conocimientos técnicos han influido y siguen influyendo en la formación de las concepciones teóricas de la ciencia, en el desarrollo de las ciencias naturales en general. El análisis de la influencia señalada se complica por la desligazón aparente del saber técnico y el científico-natural. Una noción sobre esta separación puede formarse por la diferencia entre las tareas de un científico y de un ingeniero. El objetivo principal del científico naturalista consiste en el estudio de las leyes de la naturaleza. El considera la naturaleza como objeto de investigación y trata de describirla con el menor subjetivismo posible. La naturaleza debe ser investigada no solo respecto al sujeto, sino "por sí misma". No es sorprendente que en la historia descriptiva de la ciencia en un primer plano aparece la evolución de las teorías científico-naturales confeccionadas según este principio.

La tarea del ingeniero práctico es algo distinta, consiste en la construcción y explotación de las estructuras en funcionamiento racional. La realidad para él son, ante todo, los objetos de la actividad, de la práctica, los que considera como estructuras de objetos capaces de cumplir diversas funciones. La construcción de semejantes estructuras es èl objetivo final de su actividad. El ingeniero se apoya en su propia estrategia de acción, en el correspondiente aparato de pensamiento. La base de las acciones del ingeniero es la experiencia precedente, sus conocimientos técnicos y científico-naturales. Hasta el presente se han inves-

tigado insuficientemente las particularidades de la actividad del ingeniero, aunque ésta está estrechamente vinculada con el desarrollo de la ciencia, y no se excluye que se pueda hablar sobre los cambios en el estilo de pensamiento y de la actividad del ingeniero que se verifican en el proceso del desarrollo histórico de la ingeniería y del conocimiento técnico, como sobre el cambio de los paradigmas ingeniero-técnicos que asignan la visión de los objetos de proyección y sus funciones.

La búsqueda de respuesta a la cuestión de cuándo y en qué situaciones surge la necesidad del práctico en el conocimiento científico, le obliga a ahondar en la investigación de la naturaleza del conocimiento técnico, de su historia, puede servir de factor de partida para desentrañar la influencia del conocimiento técnico en el proceso de formación de la ciencia experimental en los siglos XV-XVIII.

La actividad del práctico consiste en la construcción de estructuras de objetos con funciones encomendadas. Los problemas de esta índole se resolvían en su tiempo sobre la base de la experiencia pretérita, que se conservaba en forma de diversas recetas-prescripciones, recomendaciones, etc. Sin embargo, a medida que se complicaban cada vez más los objetos a utilizar, así como debido a la búsqueda de variantes eficaces y óptimas de construcciones adaptadas a las correspondientes condiciones de explotación, ante los diseñadores se planteó la tarea de hallar los principios que determinan la estructura de los objetos a diseñar. El descubrimiento de tales principios permitiría hallar las combinaciones óptimas de los elementos constructivos (morfológicos) y de sus enlaces que aseguran el cumplimiento de las funciones requeridas. Para resolver este problema había que separar los factores objetivos internos que determinan la estructura y la acción del objeto técnico artificial. Esto significaba, a su vez, un paso hacia el nuevo punto de vista sobre los objetos técnicos. En las construcciones artificiales de la ingeniería era necesario reconocer los rasgos de lo natural que intervienen como manifestación de las leyes de la naturaleza.

Son posibles diferentes niveles de comprensión del hecho de que en las construcciones técnicas se reali-

zan las leyes objetivas naturales. A nivel cualitativo, se habían dado cuenta de ello aún los ingenieros de la Antigüedad que entrelazaban los principios estéticos de la arquitectura con las leyes de la armonía mundial. Más aún, por ejemplo, Marco Vitruvio Polión (siglo I a.n.e.) explicaba las propiedades de los materiales de construcción por las proporciones de sustancias primarias contenidas en éstos: fuego, aire, agua y tierra[2]. Hablaba también de la necesidad de guiarse por la naturaleza al crear construcciones técnicas.

Ejemplos de este género dicen que ya en la Antigüedad la experiencia técnica se interpretaba desde el punto de vista de las leyes naturales y, desde luego, esta experiencia pudo influir en la formación de las representaciones sobre la naturaleza. Pero las representaciones cualitativas de esta índole no podían servir de instrumento eficaz para resolver las tareas prácticas. No es lo mismo promover la necesidad de guiarse por la naturaleza que la puesta en práctica de este requerimiento. Hay que disponer de conocimientos sobre la naturaleza comprobados empíricamente para que éstos puedan ser utilizados en la práctica. Solo en el siglo XV el desarrollo de la experiencia práctica llevó a la necesidad de hallar las leyes naturales que determinan las reglas de construcción de los objetos artificiales. En estas condiciones la aspiración de argumentar científicamente uno u otro procedimiento de la actividad adquirió un nuevo contenido, y bajo la influencia de esta necesidad se formó un nuevo método de investigación de la naturaleza: la ciencia experimental de los siglos XV-XVIII.

La ciencia experimental surgía de dos fundamentos: la experiencia de los prácticos y la tradición científica que tenía su origen en la filosofía de Tales de Mileto y desarrollaba las formas del pensamiento teórico. Históricamente, el nuevo modo de enfocar la investigación de la naturaleza empezó con los intentos de aplicar los métodos de la ciencia teórica a la comprensión de la experiencia de los prácticos. Pero la ciencia especulativa de la Antigüedad y de la Edad Media no disponía de los esquemas teóricos que permitieran "asimilar" la experiencia práctica. Este conflicto entre la respetable ciencia y las tareas de la práctica fue comprendido con bastante rapidez. Para su solución se re-

quería revisar los principios conceptuales de la ciencia escolástica, llenarla de un nuevo contenido. Puesto que la ciencia no disponía todavía del método experimental, los nuevos hechos, las nuevas ideas sobre la naturaleza que estimulaban la formación de las concepciones teóricas, podían ser extraídas solo de la experiencia de los prácticos.

El trabajo de recoger y procesar el material basado en los hechos lo podían cumplir hombres instruidos, que conocían ampliamente la experiencia y los problemas de los prácticos y poseían una preparación científica profunda (ante todo, matemática). Los artesanos "puros", que perseguían solo un resultado práctico inmediato, no estaban listos para resolver los problemas surgidos ante la ciencia y la práctica. Un intento característico de unir el pensamiento científico y la experiencia de los prácticos fue la actividad del arquitecto italiano León Bautista Alberti (1404-1472). Fue uno de los que, habiendo recibido una instrucción sistemática, se dedicaba preferentemente a las cuestiones prácticas. Reconociendo las limitadas posibilidades de la ciencia escolástica, Alberti se propuso recoger consecuentemente los hechos y problemas derivados de la experiencia práctica. Un biógrafo anónimo escribía: "El averiguaba si los herreros, arquitectos, navieros, incluso zapateros poseían secretos particulares que se empleaban exclusivamente en la artesanía dada y en seguida lo compartía con los conciudadanos curiosos. Fingía que no sabía mucho, a fin de aprovechar los hábitos y la experiencia ajenos. Por eso fue un investigador infatigable en todo lo que requería talento y maestría natural"[3].

La actividad de Alberti se orientó principalmente a la síntesis de los métodos científico y práctico de resolver los problemas. Esto determinaba la peculiaridad de su posición en el ambiente profesional. Según evidencia L.Olschki, Alberti no fue científico ni práctico en el sentido tradicional de estos términos. Su actividad no encuadra en los cánones habituales de la actividad de un científico o de un arquitecto. Alberti mismo prácticamente no se ocupaba de la realización de proyectos más o menos importantes desde el principio hasta el fin de la construcción. Más bien intervenía como consultor en diversas cuestiones complicadas, don-

de se exigían sus conocimientos científicos para apreciar diversos aspectos del proyecto[4].

Un papel importante del conocimiento técnico (aplicado) en aquel período consistía en que precisamente en él se efectuaba la elaboración preliminar de los problemas que se expresaba en el paso de las cuestiones puramente prácticas (obtener una ganancia determinada en la fuerza, construir un edificio de diseño particular, etc.) al planteamiento de los factores naturales internos que determinan las posibilidades de la práctica en uno u otro caso. Por eso el impulso hacia el proceso de formación de la ciencia experimental va "desde abajo" atrayendo en su esfera las formas del pensamiento científico y transformándolas en el proceso de integración del material nuevo. Tiene lugar un segundo nacimiento de la ciencia. Las representaciones físicas que contenía la ciencia escolástica resultaron inútiles para comprender los procesos que se verificaban en las estructuras de los objetos de uso práctico. Algunas de las ciencias, por ejemplo, la matemática, disponían de un aparato que podía ser utilizado para resolver nuevos problemas.

El proceso de creación de una ciencia nueva comenzaba, en particular, con la aplicación de la matemática a los problemas prácticos. Esta aplicación, a su vez, se hizo posible porque la intelección de la estructura y de la acción de los dispositivos técnicos se elevó hasta un nivel determinado de abstracción. A esto contribuía principalmente la introducción de índices cuantitativos de diversa índole, con cuya ayuda se apreciaban las posibilidades funcionales del objeto artificial y las particularidades distintivas de su estructura ligadas con las características funcionales. Así, aún en la época antigua, Arquímedes pudo dar respuesta a la cuestión: en qué condiciones se equilibran los pesos en los extremos de una palanca plana. El planteamiento mismo del problema difiere de los problemas que se plantea el diseñador. Para este último es importante construir un dispositivo eficaz, y con este fin busca una estructura que satisfaga las exigencias técnicas planteadas. Sin embargo, si se plantea el problema de crear máquinas eficaces basadas en el principio de la palanca, la solución de la cuestión sobre las condiciones de equilibrio de los pesos es premisa indispen-

sable para el diseñado de estos dispositivos. Cualquiera fuera el camino seguido por Arquímedes hacia el planteamiento y la solución del problema, es indudable que la condición de su aparición fue el desarrollo de la mecánica de máquinas sencillas y la comprensión del hecho de que la acción de las máquinas se basa en el equilibrio de fuerzas (pesos) de diferentes magnitudes. Luego restaba recurrir a las particularidades de la construcción y de la acción de la palanca y en este camino hallar la respuesta a la cuestión planteada. Advirtamos que el esquema teórico que aprovechaba Arquímedes era una construcción abstracta generalizada que permitía descubrir el principio de acción de los mecanismos sencillos, pero no sus particularidades constructivas individuales.

La experiencia técnica contribuía directamente al planteamiento de los problemas científico-naturales y a la promoción de diversos esquemas conceptuales, gracias a la introducción de las nociones que desentrañaban las características morfológicas y funcionales de los objetos, y al planteamiento de la cuestión sobre su condicionamiento recíproco. Con la particularidad de que tenía lugar la generalización de la estructura y de la acción del objeto técnico y la intelección del principio de su acción. Así se echaban los cimientos para crear los esquemas teóricos que desentrañaban los factores naturales que eran la base de la acción eficaz del medio técnico, del proceso tecnológico, etc. La influencia de la experiencia técnica y de la práctica técnica en el desarrollo del conocimiento científico, en la formación del método experimental en la ciencia se observa bien en diferentes ejemplos de la historia de la ciencia, en particular, en la solución de la cuestión sobre el equilibrio de fuerzas sobre un plano inclinado, así como en el desarrollo posterior de la estática y la dinámica. Un ejemplo más complicado de influencia de la práctica técnica en el desarrollo de la ciencia es la invención de la máquina de vapor y la creación de los fundamentos de la termodinámica.

Una situación diferente se creó después de que la ciencia experimental emprendiera firmemente la vía de desarrollo independiente. Los adelantos teóricos de las ciencias naturales comienzan a considerarse como resultado de la búsqueda científica no influida por los pro-

blemas prácticos. La unión de la ciencia con la práctica, la influencia de la práctica y del conocimiento técnico en el planteamiento de los problemas y en los medios conceptuales de su solución no aparecen claramente. Esto también se debe a que el conocimiento técnico que ha asimilado los logros de las ciencias naturales, adquiere la capacidad de servir en cierta medida las demandas de la actividad ingenieril sin invocación directa a los problemas científicos. No obstante, tampoco en este período ha perdido su significado la interacción del conocimiento técnico y científico-natural. Esta ha cambiado las formas exteriores quedando la esencia misma. Podemos encontrar las particularidades de la influencia de la práctica técnica sobre las ciencias naturales, si indicamos las particularidades del conocimiento científico-técnico.

El conocimiento científico-técnico, a diferencia de las recetas-prescripciones tecnológicas, describe los sistemas técnicos y los procesos tecnológicos no solo desde el aspecto de los índices funcionales y morfológicos, sino también desde el punto de vista del contenido natural. Por eso el conocimiento técnico se desenvuelve como una investigación de la correlación de los parámetros estructurales (morfológicos), funcionales (técnicos) y naturales de los objetos técnicos. Al mismo tiempo la confección de la teoría técnica se apoya en esquemas abstractos teóricos que se disponen en el interior de las ciencias técnicas. Un papel importante en la creación de estos esquemas lo desempeñan los procedimientos de generalización de la morfología que se realizan sobre la base de la desmembración funcional de la estructura[5].

El conocimiento técnico incluye un componente científico-natural, por lo que está orientado a las ciencias naturales. Al mismo tiempo, puesto que incluye la descripción de la estructura y de la acción de los dispositivos técnicos, está orientado también a la práctica, uniendo así la experiencia práctica y el conocimiento científico. De este modo, el conocimiento científico-técnico resulta ser parte orgánica de la ciencia. Si prescindimos de este hecho, empobrecemos la concepción de la ciencia y de su historia, ya que excluimos del examen una parte bastante importante del conocimiento científico. Para crear un cuadro completo del desarro-

llo de la ciencia es necesario investigar la historia del conocimiento técnico en general, y de la historia de las ciencias técnicas, en particular. En este sentido se abre la perspectiva de examinar la ciencia en su unión orgánica con la práctica. La historia de las ciencias técnicas permite también dilucidar los rasgos esenciales de la actividad técnico-ingenieril y completar la representación sobre la actividad científica. El análisis del conocimiento técnico y de la historia de su desarrollo brindan también nuevas posibilidades para resolver cuestiones tales como la estructura de la ciencia, la confirmabilidad de las teorías científicas, la estructura de las revoluciones científicas. Se puede dar una solución algo diferente al problema de la estructura de las revoluciones científicas y de la continuidad en el desarrollo del conocimiento científico si tomamos en consideración la influencia en el desarrollo de la ciencia de un estrato considerable del conocimiento técnico que generaliza las realizaciones de la práctica y crea fundamentos para nuevas representaciones conceptuales.

A la investigación histórica del desarrollo del conocimiento técnico es deseable anteponerle el análisis gnoseológico de su naturaleza y el análisis metodológico de su estructura y génesis. No es sorprendente que tanto en las publicaciones científicas como en las de otros países se haya despertado el interés por los aspectos gnoseológicos del conocimiento técnico. En las publicaciones extranjeras el conocimiento técnico se identifica a menudo con el sistema de recetas-prescripciones. H.Skolimowski señala que "incluso un filósofo de la ciencia tan eminente como Popper, no puede hacer nada mejor que identificar la tecnología con las reglas de computación"[6]. Sin embargo, varios investigadores, como, por ejemplo, H.Skolimowski, I.Jarvie, M.Bunge indican las particularidades específicas del pensamiento técnico y del conocimiento científico-técnico[7]. En particular, M.Bunge traza una diferencia entre las teorías tecnológicas operativas y sustantivas, considerándolas como variedades del conocimiento científico. Sin embargo, hasta hoy día no se puede considerar resuelta la cuestión del status gnoseológico del conocimiento técnico. Esta requiere todavía esfuerzos importantes. Es posible que esta circunstancia sea una

de las causas por las cuales la historia de la técnica, al igual que la historia de la tecnología en otros países, no es la historia del pensamiento científico-técnico, sino a veces una enumeración cronológica de los logros de la técnica. Estas deficiencias pueden ser superadas con la elaboración de la historia y la metodología del conocimiento técnico.

En general, la investigación del conocimiento técnico, de su desarrollo y vínculos con las ciencias naturales, sociales y humanísticas ampliará los límites de comprensión de la cienica. En cierto sentido, complicará la concepción de la ciencia, ya que exigirá la inclusión de nuevos componentes. Pero al mismo tiempo ofrecerá razones para su comprensión más profunda. La historia de las ciencias técnicas es parte orgánica de la historia de la ciencia. La investigación histórica de la formación y del desarrollo de las ciencias técnicas en la estructura del conocimiento científico conjunto requiere el planteamiento de una concepción del conocimiento técnico y de la ciencia técnica en su conjunto. Este trabajo puede ser ejecutado sobre la base de las investigaciones en el campo de la metodología de la ciencia en alianza con la historia de la ciencia, lo que permitirá resolver una serie de interesantes problemas histórico-científicos.

---

1 Véase V.S.Steopin.*Proceso de formación de la teoría científica*, Minsk, 1976 (en ruso).

2 Véase M.Vitruvii. *De architectura libri decem*, Tornisium, 1552.

3 Véase Leonis Baptistae Alberti *De re aedificatoria libri decem.*

4 Véase Olshcki, Leonardo *Geschichte der neusprächlichen wissenschaftlichen Literatur*, Bd. 1, Leipzig-Firenze-Roma-Geneve, 1919, SS. 51-52.

5 Sobre la estructura de la teoría técnica, véase, por ejemplo, V.V.Chéshev. "Especificidad del saber técnico", *Voprosi filosofii*, 1979, N. 4; V.G.Gorójov. "Estructura y funcionamiento de la teoría en la ciencia técnica", *Voprosi filosofii*, 1979, N. 6.

6 H.Skolimowski. "The structure of thinking in technology", *Philosophy and technology*, New York, 1972, p. 45.

7 Véase I.C.Jarvie. "Technology and the structure of knowledge", *Philosophy and technology*, ed.cit.; M.Bunge. "Towards a philosophy of technology", *Philosophical problems of science and technology*, Boston, 1974.

FACTORES DE ACTIVIDAD EN EL PROCESO HISTORICO-CIENTIFICO

Yuri Zinévich

La atención a las leyes de la actividad científica, una de las más importantes variedades de la actividad en general, fue creciendo constantemente durante los años 60-80, provocando la restructuración o, incluso, originando la formación no solo de algunos campos aislados de investigación, sino de nuevas disciplinas científicas: la sociología del saber, la ergonomía, la cienciología, la psicología de la creación científica. Al mismo tiempo, tuvo lugar la influencia inversa: el creciente interés teórico y práctico, propio del período de la revolución científico-técnica, por el funcionamiento de la ciencia como fuerza productiva directa de la sociedad, por los problemas de la labor y creación científicas dejaba huellas cada vez más profundas en el análisis de la actividad en su totalidad,así como en la investiqación de diversas formas de actividad y, además, de las correlaciones entre éstas.

En la tangencia de estos problemas y el análisis sociológico, psicológico y filosófico de las formas de actividad -desarrollado inicialmente fuera de la relación directa con éstos-,cristalizó poco a poco un campo específico de investigaciones que se basa en la aplicación consecuente de los resultados de la filosofía y ramas tangentes del saber, relacionados con la investigación de la actividad, con las tareas actuales de la aceleración del progreso científico-técnico. El análisis marxista de las cuestiones referentes a este ámbito quedó reflejado en muchos trabajos, publicados en la URSS y en otros países[1]. Por esta razón se puede dejar constancia de que la representación más viva sobre el factor de actividad, aplicado a la eficacia científica, se obtiene tomando en cuenta el material

proporcionado por la historia de la ciencia, así como las formas de la labor científica.

El progreso histórico en la labor y creación científicas, como cualquier cambio histórico en general, representa de por sí "...producto de toda la actividad social en su integridad"[2]. Sin tener en cuenta las necesidades y condiciones sociales, es imposible dar una evaluación correcta, en particular, de los mayores acontecimientos en la evolución de las ciencias naturales, tales como la formación del cuadro físico del mundo en la Antigüedad o en el Renacimiento, la transición de la alquimia a la química, los grandes descubrimientos geográficos de los siglos XV-XVIII, la fundamentación del darvinismo o el progreso actual en la metodología de diagnosis y tratamiento de las enfermedades infecciosas.

En cada caso particular debe ser especialmente investigado si es directo e inmediato o, al revés, indirecto y distante el papel determinante del factor de actividad social en relación a los acontecimientos en la historia de una u otra disciplina científica. (En adelante, tomamos en consideración principalmente las disciplinas científico-naturales en sentido lato, incluso las matemáticas y las aplicadas). Así, tratamos de esclarecer, aunque sea en un primer grado de aproximación, el papel de la faceta de actividad de la ciencia para constituir la interacción diacrónica y sincrónica de los hechos en la historia de la ciencia, formando un proceso histórico-científico único (que se manifiesta antes que nada en el progreso de la ciencia, mas puede atravesar también fases de estancamiento y retroceso).

Sería erróneo creer que el factor de actividad afecte nada más que las esferas relativamente menos específicas de la ciencia como, por ejemplo, la organización de la labor científica y la comunicación; todo lo contrario, los niveles más "medulares" de la estructura de la ciencia como forma de la conciencia social, como método para obtener nuevos conocimientos y como "sentido común formalizado" llevan en sí una faceta de actividad que actúa, precisamente, en calidad de principio formador activo respecto de estos niveles y de su carácter universal.

Enfoque de la ciencia como actividad específica en el estudio de la ciencia de la historia

Naturalmente, el enfoque desde el punto de vista de la actividad no es el único posible para investigar el pasado de la ciencia. Además de una multitud de trabajos puramente factográficos o de los que dan un panorama del movimiento de los datos científicos como tales (observaciones, cálculos, etc.), haciéndose abstracción de los métodos de su obtención (en la etapa actual, dichos trabajos pueden considerarse ya obsoletos por su método, dejando de lado su utilidad a título de elaboraciones preliminares), tienen lugar tentativas por edificar la historia de la ciencia a base del enfoque sistémico, del método estructural o valiéndose de enfoques lógico-estadísticos, cienciométricos y otros. Teniendo ciertas ventajas, estos métodos deben ser concretados (para asegurar su "salida" al plano social) sobre la base de los materiales de la práctica humana, que toma en este caso un cariz de actividad científica no solamente en sus aspectos informales (el saber, el sistema de conocimientos), sino también en los de organización, sociales y psicológicos. Se puede considerar establecido que la ciencia como formación compleja, además de ser un sistema de conocimientos, posee otras dimensiones, en primer lugar, existe en calidad de "...una forma determinada de actividad, un campo determinado de la práctica de producción social"[3].

¿Está presente la forma de actividad del proceso histórico-científico directamente en la experiencia del historiador de la ciencia que investiga este proceso? Hay que dar una respuesta negativa a esta pregunta. Incluso durante el análisis del período contemporáneo de la evolución de la ciencia, el historiador no tiene contacto directo con el proceso histórico-científico en su integridad, sino debe, de un modo u otro, reconstruir este proceso o, cuando menos, una de sus fases, basándose en sus componentes e integrantes. Al analizar una etapa concreta de desarrollo de una disciplina, el historiador dispone casi siempre -y especialmente cuando se trata de un lapso cronológicamente distante- nada más que de datos sobre ciertos momentos de esta etapa: su comienzo (para ser más

exacto, el comienzo de la etapa que corresponde al lapso de tiempo dado), su fin y algunos puntos fijos entre ellos.

La suma de estos momentos puede examinarse como un proceso continuo únicamente gracias a un efecto estroboscópico sui generis, gracias a que se agrega el factor subjetivo a la percepción de una serie de imágenes distintas, pero estáticas. En ciertos casos este tipo de examen es el único posible, debido a la escasez de datos. Pero, ¿es inevitable aun cuando el material fáctico puede completarse de un modo ilimitado o prácticamente ilimitado? Es suficiente plantear así la cuestión para cerciorarse de que la visión "estroboscópica" de la historia de la ciencia es nada más que una variante del enfoque reduccionista aplicado para el análisis del proceso histórico-científico, la variante que desarticula este proceso en unidades de nivel inferior, en base a las cuales el mismo proceso puede ser reconstruido solo convencionalmente, o sea, utilizando supuestos implícitos, introducidos por el sujeto de la investigación.

Pero, si para comprender el proceso histórico-científico no se examinan directamente, como punto de partida, los hechos aislados reales, sino el ámbito material de la evolución de la ciencia, mediatizado por el principio de actividad en todas sus manifestaciones dentro de la esfera científica propiamente dicha. En tal caso el proceso histórico-científico pasa a ser coherente en todos sus puntos mientras que las lagunas aparentes en la continuidad histórico-científica son consecuencia y testimonio de la transformación cualitativa de las formas de actividad que constituyen la base del modo dado del proceso histórico-científico.

Así, el estudio del desarrollo de la teoría del flogisto puede reducirse (como ocurrió realmente en ciertos cursos de historia de la química[4]) a la fijación de momentos de esa evolución tales como la idea de la "tierra grasa" expuesta por J.Becher en los años 1670, o sea, el principio de la combustibilidad; la interpretación de ese principio como "sustancia combustible", por G.Stahl en la delimitación de los siglos XVII y XVIII; la hipótesis de I.Junker (1730) sobre el peso negativo de esa sustancia; la refutación absoluta de todo el concepto de flogisto gracias a la teoría -pro-

movida por Lavoisier- acerca del papel del oxígeno en las combustiones. Con todo eso, el progreso propiamente dicho de la química a finales del siglo XVII y durante casi todo el siglo XVIII se transformaba en algo problemático y se reducía, a lo más, a la acumulación de datos, permitiendo renunciar a las directrices que habían servido de base para reunir esos antecedentes.

Fue totalmente distinto el enfoque de F.Engels, quien ubicó el concepto de flogisto en el contexto histórico de la transición de la alquimia medieval-renacentista a la química del siglo XIX y demostró que "con la teoría del flogisto, la química se emancipó... de la alquimia"[5]. El carácter teórico que adquirió el trabajo del químico gracias a la aparición de la primera teoría de la química universal, condicionó la posibilidad de orientar esa actividad hacia objetivos reales.

La claridad del objetivo de la investigación que contribuía a la integración de la química al sistema del saber científico, se configuró precisamente en la etapa "flogística", mas si A.Lavoisier utilizaba materiales de la teoría del flogisto en sus obras tempranas (antes de 1772) y más tarde, después de 1772, empezó a evitar las interpretaciones a base del flogisto, ese cambio de posición personal se enmarcaba en un avance mucho más general relacionado con la misma restructuración de la actividad científica en el terreno de la química. En rasgos generales, la química durante la Edad Media y el Renacimiento retrasaba respecto a otras ciencias naturales, que adquirieron forma sistematizada con considerable anticipación (la física, muchas ramas de la matemática, y en parte la biología), pero hacia finales del siglo XVIII maduró ya para pasar a la etapa de la verdadera revolución científica. No es sin razón que la misma noción de revolución científica, al parecer, fue introducida por primera vez en el arsenal de la investigación histórico-científica precisamente por la historia de la química.

Hojeando el curso de la historia de diferentes disciplinas científico-naturales, no es difícil cerciorarse de cuán específica es la historia de la ciencia en comparación con otras partes de la historia. La

especificidad se determina por la misma naturaleza del material, que requiere una preparación especial (no solamente respecto a la historia universal, sino a la disciplina concreta); por la necesidad de tomar en cuenta las formas de organización y comunicación que han llegado a formarse en la ciencia; así como los tipos de integración de los esfuerzos de los científicos y los modos de la labor conjunta en la ciencia -que continuamente se modifican y renuevan- (por ejemplo, los proyectos científicos integrales, los programas globales y su relación con la enseñanza y la capacitación de cuadros. En general, se trata de todos los factores que forman un conjunto de rasgos característicos de la ciencia, los cuales la diferencian de otros tipos de actividad humana, y puede denominarse "epistémica". Al introducir este término (por analogía con "poética" desde el punto de vista de las singularidades artísticas típicas de un sistema, obra o escuela literarios concretos, etc.), tomamos en consideración, por una parte, cierta afinidad entre la ciencia y la literatura que se nota en varias particularidades, entre ellas la presencia del texto como producto final -ésta es la razón de frecuentes referencias a las publicaciones científicas- y la existencia de una comunidad literaria que, por muchos índices importantes, se asemeja a la comunidad científica. Además, la ciencia se acerca a la literatura y al arte por el hecho de que "...en el proceso creador (pensador) siempre hay cierto "remanente" que no puede explicarse por las leyes de la lógica dialéctica y formal"[6]. Por otra parte, es necesario definir de alguna manera la noción apropiada que tiene importancia potencial para la descripción multifacética de la ciencia y, particularmente, para revelar la naturaleza del proceso histórico-científico en relación al proceso histórico como tal.

La mencionada especificidad -emanante de la "epistémica"- del proceso histórico-científico, en comparación con la historia universal, adquiere frecuentemente, en el ámbito de la profesionalización actual, el carácter de ruptura, indeseable, debido a que sigue creciendo la importancia de la ciencia para la vida de la sociedad contemporánea. Se hace cada vez más difícil escribir cursos de historia de algún país o en-

sayos geográficos, económicos y políticos sin añadir un capítulo dedicado a la historia de la ciencia. Es posible superar la desvinculación de las investigaciones histórico-científicas respecto de la historia universal tan solo interpretando el proceso histórico-científico como un tipo de actividad específica. Dicha interpretación permite aproximar el PHC al proceso histórico en su conjunto, en virtud de lo cual ambos procesos están determinados, ante todo, por su carácter social, inmanente de ellos, hecho que, en última instancia, permite dilucidar ambos como proceso único.

Un argumento más en pro de la necesidad de aplicar en el más amplio grado posible el enfoque de la historia de la ciencia como una actividad específica, es lo indispensable de revelar las regularidades generales de la actividad, propias, por un lado, de la evolución del saber teórico y, por otro, del desarrollo de sus formas de organización y (esto tiene importancia especial por una indeterminada brecha aquí existente) inherentes al desarrollo de la tecnología y de los conocimientos técnicos, es decir, al proceso histórico-técnico.

Relevo de fases en el proceso histórico-científico

De la comunidad de los procesos histórico-científico e histórico (en su conjunto) dimana la aplicabilidad, a la historia de las ciencias naturales, de aquella tesis de C.Marx que reza: "Los hombres hacen su propia historia, pero no lo hacen a su libre arbitrio, bajo circunstancias elegidas por ellos mismos, sino bajo aquellas circunstancias con que se encuentran directamente, que existen y les han sido legadas por el pasado"[7]. La historia de la ciencia, como toda historia, es "...la actividad del hombre que persigue sus objetivos"[8] y, como toda actividad, supone -a título de sus elementos más esenciales- el sujeto (cognoscente e investigador, en este caso), el acto (cognoscitivo) y su resultado o producto (el saber fijo).

Si la historia de la ciencia se examina en el plano social, la comunidad científica interviene directamente en calidad de sujeto, el acto cognoscitivo aparece en la forma de aplicación de los métodos de in-

vestigación, y la importancia general, asegurada por una serie de filtros evaluadores y verificadores, pasa a ser propiedad característica del resultado. La inalienable naturaleza social de la ciencia, su tendencia a transformarse en un factor de la vida y producción sociales[9] llevan irrevocable e históricamente a la transición desde el plano individual hacia el plano social, pero el carácter y el nivel de esta transición no son iguales para diferentes fases del proceso histórico-científico.

La fase más temprana de la aparición de la ciencia se caracteriza por la ausencia de una comunidad científica en alguna medida formalizada: la actividad durante esta etapa puede llamarse cognoscitiva e, incluso, referirse a la cognición de objetos científico-naturales (el descubrimiento de propiedades de plantas medicinales, la observación de los desbordamientos de los ríos, etc.), pero todavía no es científica en estricto sentido de esa palabra, no es capaz aún de formar una comunidad científica que le sea adecuada. Así, esta fase puede llamarse cognoscitiva a diferencia de la siguiente, la fase investigadora, cuando se desenvuelve la investigación ya consciente, con tendencia a cristalizarse bajo la forma de comunidades científicas no formales ("colegios invisibles"), donde se desarrolla un profundo interés hacia el estudio del aspecto metodológico de la actividad científica. Cronológicamente, esta etapa corresponde, en general, al período del Renacimiento y a las obras de tan destacados metodólogos de las ciencias naturales como Francis Bacon, Galileo y Descartes. Por fin, llegó la fase institucional de la socialización de las ciencias naturales -en Inglaterra y Francia, hacia la segunda mitad del siglo XVII y en otros países europeos, hacia el siglo XVIII-, cuando la evaluación y, en una medida considerable, la organización de las investigaciones científicas se hacían función de organismos sociales o, en algún grado, estatales: asociaciones científicas, academias y, luego (en la fase institucional avanzada), institutos y laboratorios de investigación científica.

Esta etapa, en sí misma, sigue conservando particularidades de las etapas anteriores: el carácter individual y a la par general de la cognición, la elabora-

ción de la metodología, el papel activo de las comunidades, incluso las no formales. Empero, el carácter institucionalizado del aspecto de actividad del proceso histórico-científico se manifiesta aquí en una tendencia a institucionalizar rápida y casi automáticamente todas las innovaciones en las que es rica, como antes, la vida de la ciencia. Los proyectos científicos integrales, incluso los internacionales, así como distintos movimientos científico-técnicos (de invenciones u orientados hacia los objetivos socioculturales) y, naturalmente, nuevas disciplinas y ramas de investigación interdisciplinarias inmediatamente dan pie a la fundación de los institutos específicos (en el sentido lato de la palabra, es decir, establecimientos). En el lenguaje corriente, con el término "instituto" se denomina antes que nada el instituto científico. Claro que es nada más que un caso lingüístico, pero, al mismo tiempo, no es un hecho casual.

Al realizarse la transición a la formación socialista, la institucionalización de la actividad científica adquiere un carácter nuevo por principio, relacionado con las tareas de edificar el comunismo[10]. La política del Partido y del Estado soviético para con la dirección de la ciencia y la actividad científica se apoyaba en gran medida en las recomendaciones y concepciones teóricas sobre los aspectos psicológicos, fisiológicos y ergonómicos de organización del trabajo científico, elaboradas por los discípulos de I.Séchenov y, además, por los representantes de las escuelas de I.Pávlov y N.Védenski. En 1921, con el apoyo personal de V.I.Lenin, se fundó el Instituto Central del Trabajo, encomendándole la tarea de analizar e introducir nuevas formas de organización del trabajo, incluso el de investigación.

Una trascendencia primordial para la organización de la ciencia y, además, para el desarrollo de las concepciones sobre la actividad científica bajo el socialismo tuvo el *Guión para un plan de trabajos científico-técnicos*, escrito por V.I.Lenin en abril de 1918 para la Academia de Ciencias, en el cual formulando la tarea de examinar integralmente las fuerzas productivas de la República, destacó el estudio de los problemas de la productividad del trabajo de los obreros como una de las direcciones más importantes por las

que la ciencia se une con la producción. El departamento científico-técnico del Consejo de Economía Nacional de toda Rusia adoptó (16 de agosto de 1918) la resolución de asegurar la organización de establecimientos científico-técnicos y de investigaciones directamente en grandes plantas, fábricas, explotaciones y en el agro.

En lo que se refiere al enfoque teórico, los científicos soviéticos, para examinar los problemas de la actividad científica, tomaron por punto de partida la interpretación de ésta como un trabajo general. En efecto, precisamente el criterio de generalidad es lo que condiciona la diferencia entre el trabajo en el ámbito de la ciencia y el simple trabajo colectivo, que, según la expresión de Marx, "supone la cooperación directa de los individuos"[11]; el trabajo de los científicos se refiere a la categoría de trabajo general, que requiere una sucesión histórica continua. "El trabajo general es todo el trabajo científico, son todos los descubrimientos, todas las invenciones. Tiene por condición, en parte, la cooperación con hombres vivos, y en parte la utilización de los trabajos de nuestros predecesores"[12]. Para las nuevas formas de institucionalización de la ciencia surgidas en el socialismo, precisamente el trabajo empezó a considerarse como "célula elemental" cuyo análisis permitía hacer coincidir la concepción estrictamente científica y materialista de la actividad del hombre con el principio fundamental de la cognición científica -el principio del determinismo-, y el enfoque sociohistórico con el científico-natural, sin reducir lo social a lo biológico. De esta forma, el concepto de generalidad del trabajo científico no ha perdido su importancia aunque ha ido modificando en mucho su forma. Conforme a una de las interpretaciones más recientes, toda la experiencia como actividad -incluso y ante todo, la actividad cognoscitiva- de las generaciones precedentes "...no está en la organización hereditaria del hombre, no está dentro de él, sino fuera, en el mundo objetivo exterior... Este mundo -el de la industria, las ciencias y las artes- representa en sí la auténtica naturaleza humana, el producto de su transformación sociohistórica"[13].

La elaboración de nuevos enfoques de la institucio-

nalización de la ciencia requería que se superaran distintas formas de reduccionismo. En este respecto son grandes los méritos de L.Vigotski quien en forma convincente y basándose en material concreto refutó la posición reduccionista, según la cual todos los tipos de actividades -en particular, de la actividad cognoscitiva- se reducen, en última instancia, a la ciencia como actividad puramente intelectual: verbigracia, "...la poesía o el arte es un modo de pensar específico que lleva al fin y al cabo al mismo resultado que el conocimiento científico... pero por otro camino. El arte difiere de la ciencia únicamente por su método, o sea, por su modo de sentir emociones, es decir, psicológicamente"[14]. El "intelectualismo unilateral" de esta idea ha sido sometido a una crítica radical por Vigotski, sobre la base de la concepción marxista-leninista, que enfoca la naturaleza social del sujeto de la actividad como íntegra, integrativo-personal, la cual realiza sus funciones cognoscitivas dentro de los límites del complejo de producción espiritual.

Otro obstáculo considerable con que tropezó el desarrollo de las concepciones relativas a la actividad científica y su aplicación práctica en la nueva etapa -y que también fue superado por L.Vigotski-, fue una de las variedades de reduccionismo, difundida en la psicología de los años 20, incluso en la psicología soviética, y basada "...en la convicción de que la actividad psicológica puede ser reducida a las reacciones fisiológicas que le sirven de fundamento"; de esta convicción emanaba la incompatibilidad entre los hechos y la teoría, lo que fue eliminado en la concepción de Vigotski, "quien ha buscado caminos específicamente sociales de la formación de la psique del hombre, partiendo de la naturaleza social de la misma"[15]. Es de importancia esencial que el criterio de lo social, en la interpretación materialista, no es ajeno al de la actividad, sino (como lo demuestran los trabajos de Vigotski) forma su principio fundamental y condición sine qua non para la realización histórica como tal, incluyendo la actividad científica.

Según hemos detectado, la existencia, en el proceso histórico-científico de las fases cognoscitiva;

investigadora e institucional (con la ulterior subdivisión de esta última según las formaciones socioeconómicas), radica, al parecer, en las regularidades más generales del desarrollo de la producción espiritual. Es posible que esto determine la importancia del factor de masas tanto en la ciencia contemporánea cual actividad de producción espiritual, como en muchas otras variedades de actividad humana durante la revolución científico-técnica, relacionadas con los servicios públicos, la cultura, el reposo y turismo, la administración, etc.

A la luz de lo dicho, parece verosímil la hipótesis de que todas estas esferas de actividad de masas recorren el camino, análogo al de la actividad científica, desde la etapa de reflexión no formada (en la ciencia aparece como fase cognoscitiva), a través de la etapa de reflexión unilateral (en la ciencia, fase investigadora), hacia la etapa de masas, o sea, de producción, en el sentido lato (el devenir de la correspondiente esfera de actividad en su calidad total y explícitamente social, o sea, institucionalizada). Mas esta última etapa puede ser alcanzada, en su forma adecuada, únicamente en el comunismo cuando, según el concepto desarrollado por C.Marx en sus *Fundamentos de la crítica de la economía política*, el trabajo se convierte en iniciativa personal, que, por su esencia, "...no aparece ya como trabajo, sino como pleno desarrollo de la actividad..."[16].

x x x

La sustitución de las fases en el proceso histórico-científico refleja en cierto grado la evolución, propia de la actividad empírica humana, de la simple experiencia a la práctica organizada y luego, a la síntesis de los factores utilitarios y creadores sobre la base del trabajo general. Al mismo tiempo, la distinción de estas fases coadyuva a la interpretación sincrónica de la actividad científica, ya que ellas corresponden a sus componentes. El estudio de las etapas anteriores de la historia de la ciencia contribuye a crear un panorama más amplio de nuestra etapa actual, caracterizada por su propio modo sociohistórico nuevo de actividad.

El análisis de la actividad científica, al igual que cualquier "...análisis de las formas de actividad desarrolladas, mediatizadas por el reflejo psíquico que son propias del hombre, ...requiere que se destaquen, antes que nada, en el panorama complejo que es el sistema de la actividad humana en su integridad, sus elementos más generales: las actividades aisladas"[17]. En la ciencia, por ejemplo, son las actividades de información, de invención, de organización científica y otras. En el futuro, se planteará la tarea de estudiarlas en el contexto del proceso histórico-científico. Al mismo tiempo, todo el sistema de la actividad científica o el conjunto de actividades científicas, puede pretender ser realidad o parte viva de la ciencia con mayor razón que cualquier otro elemento de la ciencia, en particular, el fondo de publicaciones, el conjunto de personal científico, los institutos o los instrumentos en su totalidad.

---

1 A.V.Brushlinski. "Teoría histórico-cultural del pensamiento", *Investigaciones sobre el pensamiento en la psicología soviética*, Moscú, 1966, págs. 123-174; A.V.Brushlinski. *La psicología del pensamiento y la cibernética*, Moscú, 1970; P.Ya.Galperin. *Introducción a la psicología*, Moscú, 1976; A.N.Leóntiev. *La actividad, la conciencia y la personalidad*, 2a. ed., Moscú, 1977; *Problemas del desarrollo de la psique*, 4a. ed., Moscú, 1981; A.N.Leóntiev, D.Yu.Panov. "La psicología del hombre y el progreso técnico", *Voprosi filosófii*, 1962, N.8, págs. 50-65; E.S.Markarián. "Investigación sistémica de la actividad humana", *Voprosi filosófii*, 1972, N.10; L.A.Radzikovski. "El problema del sujeto y del objeto en la teoría psicológica", *Voprosi filosófii*, 1982, N.9, págs. 57-66; N.M.Churínov. "El criterio de actividad en el estudio de la información y la sociedad", *Materialismo dialéctico y cuestiones filosóficas de las ciencias naturales*, Moscú, 1981; págs. 96-103; V.S.Shviriov. "Problemas de elaboración de las categorías de actividad como concepto

teórico", *Ergonomía. Trabajos del Instituto de Investigación Científica de Estética Técnica*, Moscú, 1976, N 10, págs. 68-80; E.G.Yudin. *Enfoque sistémico y principio de actividad. Problemas metodológicos de la ciencia contemporánea*, Moscú, 1978; M.G.Yaroshevski. "Estructura de la actividad científica", *Voprosi filosófii*, 1974, N.11, págs. 97-109 (en ruso).

2 C.Marx. "Crítica moralizadora y moral criticadora", C.Marx, F.Engels. *Obras*, Moscú, 2a. ed., t. 4, pág. 318 (en ruso).

3 S.R.Mikúlinski, N.I.Rodni.. "Historia de la ciencia y cienciología", *Ensayos de la historia y de la teoría del desarrollo de la ciencia*, Moscú, 1969, pág. 43 (en ruso).

4 E.S.Méyer. *Historia de la química desde los tiempos remotos hasta el presente*, San Petersburgo, 1899, págs. XVI, 513; L.A.Chugáev. *Descubrimiento del oxígeno y teorías de la combustión en relación a las doctrinas filosóficas de la antigüedad*, Petrogrado, 1919 (en ruso).

5 F.Engels. *Dialéctica de la naturaleza*, Buenos Aires, 1975, pág. 29.

6 A.V.Brushlinski. *La psicología del pensamiento y la cibernética*, ed. cit., pág. 76.

7 C.Marx. "El dieciocho Brumario de Luis Bonaparte": C.Marx, F.Engels. *Obras escogidas* en tres tomos, Moscú, 1976, t. 1, pág. 408.

8 C.Marx, F.Engels. *La sagrada familia*, La Habana, 1965, pág. 154.

9 *El socialismo y la ciencia*, redactado por S.Mikúlinski y R.Rijta, Moscú, 1981, págs. 25-30, 120-131 (en ruso).

10 Ibid., págs. 132-253.

11 C.Marx. *El Capital*, Buenos Aires, 1973. t. 3, pág. 128.

12 Ibídem

13 A.N.Leóntiev. "Sobre la formación de las capacidades", *Voprosi psijológuii*, 1960, N.1, pág. 11.

14 L.S.Vigotski. *Psicología del arte*, Moscú, 1968, 2a. ed., pág. 48 (en ruso).

15 E.G.Yudin. *Ob. cit.*, pág. 57.

16 C.Marx. *Fundamentos de la crítica de la economía política* (Esbozo de 1857-1858) en anexo 1850-1859, La Habana, 1971, t. 1, pág. 233.

17 A.N.Leóntiev, D.Yu.Panov. *Ob. cit.*, pág. 61.

BIBLIOGRAFIA

Alexándrov A.P. *La ciencia de cara al país. Artículos e intervenciones*, Moscú, 1983 (en ruso).

Bashmakova I.G., Slavutin E.I. *Historia del análisis diofanteano desde Diofante hasta Fermat*, Moscú, 1984 (en ruso).

Biocatálisis. Historia de la simulación de la experiencia de la naturaleza animada, Moscú, 1984 (en ruso).

Ciencia soviética: balance y perspectivas. 1922-1982. En el 60 aniversario de la formación de la URSS. Recopilación de artículos, Moscú, 1982 (en ruso).

Ciencias técnicas y su aplicación en la producción, Moscú, 1983 (en ruso).

50 años de la física nuclear moderna. Recopilación de artículos, Moscú, 1982 (en ruso).

Colaboración multilateral de las Academias de Ciencias de los países socialistas. Recopilación de artículos y documentos, 2a. ed., Moscú, 1981 (en ruso).

Chéshev V.V. *El conocimiento técnico como objeto de análisis metodológico*, Tomsk, 1981 (en ruso).

Davýdova L.G., Buriak A.A. *Energética: vías de desarrollo y perspectivas*, Moscú, 1981 (en ruso).

De la historia de las ciencias físico-matemáticas en el Oriente medieval: tratados de al Hasiní, al Biruní, Ibn al Husain y al Shirasí, Moscú, 1983 (en ruso).

Desarrollo de la teoría evolucionista en la URSS (1917-1970), Leningrado, 1983 (en ruso).

El neutrón. En el cincuentenario del descubrimiento, Moscú, 1983 (en ruso).

Eliséev E.N., Sachkov Yu.V., Belov N.V. *Corrientes de ideas y regularidades del desarrollo de las ciencias naturales*, Leningrado, 1982 (en ruso).

En busca de la teoría del desarrollo de la ciencia: ensayos de las concepciones eurooccidentales y americanas del siglo XX, Moscú, 1982 (en ruso).
Ensayos de desarrollo de las matemáticas en la URSS. Matemáticas teóricas. Cuestiones aplicadas de las matemáticas, Kíev, 1983 (en ruso).
Ensayos de historia del desarrollo de la física nuclear en la URSS. Recopilación de artículos, Kíev, 1982 (en ruso).
Ensayos de historia de los conocimientos científico-naturales en la Antigüedad. Recopilación de artículos, Moscú, 1982 (en ruso).
Estudios histórico-astronómicos. Fascículo 16. Recopilación de artículos, Moscú, 1983 (en ruso).
Estudios histórico-biológicos. Fascículo 9, Moscú, 1983 (en ruso).
Estudios histórico-matemáticos. Recopilación de artículos, Moscú, 1982, fascículo 26; 1983, fascículo 27 (en ruso).
Estudios sobre historia de la mecánica. Recopilación de artículos, Moscú, 1983 (en ruso).
Estudios sobre historia y teoría del desarrollo de la ciencia y la técnica aeroespacial y coheteril. Recopilación de artículos, Moscú, 1981 (en ruso).
Fedoséev P.N. *La filosofía y el conocimiento científico*, Moscú, 1983 (en ruso).
Figurovski N.A. *Dmitri Ivánovich Mendeléev*, 2a.ed., Moscú, 1983 (en ruso).
Glushkó V.P. *Desarrollo de la cohetería y la cosmonáutica en la URSS*, Moscú, 1981 (en ruso).
Griaznov B.S. *Lógica. Racionalidad. Creatividad*. Recopilación de artículos, Moscú, 1982 (en ruso).
Gribánov D.P. *Fundamentos filosóficos de la teoría de la relatividad*, Moscú, 1982 (en ruso).
Grigorián A.T., Fradlin B.N. *Historia de la mecánica del cuerpo sólido*, Moscú, 1982 (en ruso).
Historia de las ciencias naturales. Publicaciones aparecidas en la URSS, 1971-1975, Moscú, 1984 (en ruso).
Historia de la metalurgia de aleaciones ligeras en la URSS, Moscú, 1983 (en ruso).
Historia y metodología de las ciencias naturales, Fascículo 28. *Química*. Recopilación de artículos, Moscú, 1982 (en ruso).

Historia y metodología de las ciencias naturales, Fascículo 29. *Matemáticas, mecánica*. Recopilación de artículos, Moscú, 1982 (en ruso).
Historia y metodología de las ciencias naturales, Fascículo 30. *Física*. Recopilación de artículos, Moscú, 1983 (en ruso).
Historia de la técnica. Indice bibliográfico, Moscú, 1981 (en ruso).
Historia universal de la química. Historia de la doctrina sobre el proceso químico, Moscú, 1981 (en ruso).
Illiná T.D. *Formación de la escuela soviética de geofísica de prospección (1917-1944)*, Moscú, 1983 (en ruso).
Ioffe A.F. *Encuentros con físicos. Mis recuerdos sobre físicos extranjeros*, Leningrado, 1983 (en ruso).
Jaitún S.D. *La cienciometría: estado y perspectivas*, Moscú, 1983 (en ruso).
Kará-Murzá S.G. *Problemas de la organización de las investigaciones científicas*, Moscú, 1981 (en ruso).
Kédrov B.M. *La ciencia mundial y Mendeléev*, Moscú, 1983 (en ruso).
Kédrov B.M. *Sobre el método de exposición de la dialéctica: tres grandes designios*, Moscú, 1983 (en ruso).
Koltsov A.V. *Desarrollo de la Academia de Ciencias como institución científica superior de la URSS (1926-1932)*, Leningrado, 1982 (en ruso).
Kosmodemianski A.A. *Ensayos de historia de la mecánica*, Moscú, 1982 (en ruso).
Kúguel S.A. *Movilidad profesional en la ciencia*, Moscú, 1983 (en ruso).
Kuznetsov B.G. *Ideales de la ciencia moderna*, Moscú, 1983 (en ruso).
Kuznetsova N.I. *La ciencia en su historia: problemas metodológicos*, Moscú, 1982 (en ruso).
La herencia filosófica leninista y la física moderna, Moscú, 1981 (en ruso).
Las ideas de F.A.Tsander y el desarrollo de la ciencia y la técnica coheteril-espacial. Recopilación de artículos, Moscú, 1983 (en ruso).
La matemática y la astronomía en los tratados de Abu Ibn Sina, de sus contemporáneos y seguidores, Tashkent, 1981 (en ruso).

La soldadura en la URSS. Tomos 1-2, Moscú, 1981 (en ruso).
La técnica en su desarrollo histórico. Años 70 del siglo XIX-comienzos del siglo XX, Moscú, 1982 (en ruso).
Levshin B.V. *La ciencia soviética en los años de la Gran Guerra Patria*, Moscú, 1983 (en ruso).
Matemática del siglo XIX. Geometría. Teoría de las funciones analíticas, Moscú, 1981 (en ruso).
Matviévskaya G.P., Rosenfeld B.A. *Los matemáticos y astrónomos del medievo musulmán y sus tratados (siglos VIII-XVII)*. En tres tomos. Prontuario bibliográfico, Moscú, 1983 (en ruso).
Matviévskaya G.P., Tllashev J. *Manuscritos matemáticos y astronómicos de los sabios del Asia Central de los siglos X-XVIII*, Tashkent, 1981 (en ruso).
Medvédev F.A. *Historia temprana del axioma de la selección*, Moscú, 1982 (en ruso).
Mochalov I.I. *Vladímir Ivánovich Vernadski*, Moscú, 1982 (en ruso).
Mohammed Ibn Musá Al-Juarismí. *En el 1200 aniversario del natalicio*. Recopilación de artículos, Moscú, 1983 (en ruso).
Monumentos de la ciencia y la técnica. Recopilación de artículos, Moscú, 1981 (en ruso).
Nuevas vertientes científicas y la sociedad. Recopilación de artículos, Moscú-Leningrado, 1983 (en ruso).
Okládnikov A.P. *El descubrimiento de Siberia*, 3a.ed., Novosibirsk, 1982 (en ruso).
Papkovski P.P. *De la historia de la geodesia, la topografía y la cartografía en Rusia*, Moscú, 1983 (en ruso).
Petrosiants A.M. *La energía atómica en la ciencia y la industria*, Moscú, 1984 (en ruso).
Pipunyrov V.N. *Historia de la relojería desde la Antigüedad hasta nuestros días*, Moscú, 1982 (en ruso).
Popov P.S., Stiazhkin N.I. *Desarrollo de las ideas lógicas en la época del Renacimiento*, Moscú, 1983 (en ruso).
Problemas de la dirección de una colectividad científica. Ensayo de un estudio socio-psicológico, Moscú, 1982 (en ruso).

Problemas metodológicos de la interacción de las ciencias sociales, naturales y técnicas, Moscú, 1981 (en ruso).
Problemas metodológicos de los estudios histórico-científicos, Moscú, 1982 (en ruso).
Problemas socio-psicológicos de la actividad de las colectividades científicas, Moscú, 1982 (en ruso).
Sabios soviéticos. Ensayos y memorias, Moscú, 1982 (en ruso).
Shmalgausen I.I. *Obras escogidas. Vías y regularidades del proceso evolutivo*, Moscú, 1983 (en ruso).
Sóboleva E.V. *Organización de la ciencia en la Rusia posterior a la Reforma*, Leningrado, 1983 (en ruso).
Socialismo y ciencia, Moscú, 1981 (en ruso).
Sokolóvskaya Z.K. *300 biografías de sabios*. Sobre los libros de la serie "Literatura científico-biográfica, 1959-1980". Prontuario bibliográfico, Moscú, 1982 (en ruso).
Sopotsko A.A. *Historia de la navegación de V.Bering en el bote "San Gabriel" al Océano Glacial Artico*, Moscú, 1983 (en ruso).
Steklov V.Yu. *V.I.Lenin y la electrificación*, 3a.ed., Moscú, 1982 (en ruso).
Sújova N.G. *Desarrollo de los conceptos del complejo territorial natural en la geografía rusa*, Leningrado, 1981 (en ruso).
Vasíliev V.I. *Técnica de impresión de libros científicos*, Moscú, 1981 (en ruso).
Ventskovski L.E. *Problemas filosóficos del desarrollo de la ciencia. Estudios contemporáneos, años 70*, Moscú, 1982 (en ruso).
Vernadski V.I. *Obras escogidas*, Moscú, 1981 (en ruso).
Viáltsev A.N. *Descubrimiento de las partículas elementales*, Moscú, 1981 (en ruso).
Vías de formación del nuevo saber en la ciencia moderna. Recopilación de artículos, Kiev, 1983 (en ruso).
Vizguín V.P. *Génesis y estructura del cualitativismo de Aristóteles*, Moscú, 1982 (en ruso).
Vizguin V.P. *Teoría relativista de la gravitación: orígenes y formación. 1900-1915*, Moscú, 1981 (en ruso).
Yaroshevski M.G. *Séchenov y el pensamiento psicológico mundial*, Moscú, 1981 (en ruso).

HISTORIA DE LA CIENCIA: NUEVAS INVESTIGACIONES

Sumario del I tomo

<u>AUTORES DE LA RECOPILACION</u>

<u>TOMO II</u>

BABKOV V., candidato a doctor en Ciencias Biológicas, investigador del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Se especializa en historia de la biología, es autor de varios trabajos sobre el tema.

CHESHEV V., doctor en Ciencias Filosóficas, profesor titular de la Universidad de Tomsk. Se especializa en análisis metodológico del conocimiento técnico.

ISHLINSKI A., miembro efectivo de la AC de la URSS, director del Instituto para los Problemas de la Mecánica (AC de la URSS), presidente del Consejo Nacional de las Sociedades Científico- Técnicas. Miembro honorario de la Academia Internacional de la Historia de la Ciencia. Es autor de gran número de trabajos sobre problemas teóricos de la mecánica y de su historia.

KARA-MURZA S., doctor en Ciencias Químicas, colaborador científico del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Se especializa en problemas de organización de los estudios científicos, es autor de varios trabajos sobre el tema.

MIKULINSKI S., miembro correspondiente de la AC de la URSS, director del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Redactor jefe de la revista *Voprosi istorii estestvoznániya y téjniki*. Vicepresidente de la Academia Internacional de la Historia de la Ciencia. Es autor de numerosos estudios sobre historia de la biología, historia general y filosofía de las ciencias naturales, incluidos: *Desarrollo de los problemas generales de la biología en Rusia; I.E.Diadkovski; C.F.Roulier: sabio, personalidad y maestro; Alfonso Descandolle* (coautor) y de otros. Es uno de los autores y redactores de los tratados colectivos: *Historia de la biología; Desarrollo de las ciencias naturales en Rusia; Ciencia, técnica, futuro; El socialismo y la ciencia* y de otros trabajos científicos.

SHAMIN A., doctor en Ciencias Químicas, jefe del grupo de estudios del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Es autor de las monografías: *La biocatálisis y los biocatalizadores. Ensayo histórico; Historia de la química de la proteína; desarrollo de la química de la proteína* y de otros trabajos científicos.

STIOPIN V., doctor en Ciencias Filosóficas, jefe de cátedra de la Universidad V.I.Lenin de Bielorrusia. Es autor de los libros: *Devenir de la teoría científica; Métodos de conocimiento científico* (coautor) y de otros trabajos científicos.

VIALTSEV A., candidato a doctor en Ciencias Físico-Matemáticas, colaborador científico del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Es autor de las monografías: *El espacio discreto - el tiempo; Los núcleos atómicos más ligeros; Descubrimiento de las partículas elementales* y de otros trabajos científicos.

VIZGUIN V., candidato a doctor en Ciencias Físico-Matemáticas, colaborador científico del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Es autor de las monografías: *Desarrollo de la interrelación entre los principios de la simetría y las leyes de conservación en la física clásica; El programa de Erlangen y la física.*

VOLODARSKI A., candidato a doctor en Ciencias Físico-Matemáticas, colaborador científico del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Es autor de los libros: *Ensayos de historia de las matemáticas indias medievales; Aryabhata* y de otros trabajos científicos.

VORONKOV Yu., candidato a doctor en Ciencias Técnicas, subdirector del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Es autor de numerosos trabajos sobre historia de la técnica y su metodología.

ZINEVICH Yu., secretario científico del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Se especializa en problemas metodológicos de la historia de la ciencia.

La Redacción "Ciencias Sociales Contemporáneas" de la AC de la URSS

da a conocer con regularidad al lector extranjero las últimas investigaciones de los especialistas soviéticos en distintas esferas de la ciencia de la sociedad. Encabeza el Consejo de Redacción el académico P.Fedoséev, Vicepresidente de la AC de la URSS; Redactor jefe: J.Grigulévich, miembro correspondiente de la AC de la URSS.

Las publicaciones de la Redacción se editan en series temáticas: 1.PROBLEMAS DEL MUNDO CONTEMPORANEO; 2. LA CIENCIA ECONOMICA SOVIETICA; 3. HISTORIA UNIVERSAL: ESTUDIOS SOVIETICOS; 4. HISTORIA DE LA URSS: NUEVOS ESTUDIOS; 5. PAISES EN DESARROLLO: PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS; 6. ESTUDIOS ORIENTALES SOVIETICOS; 7. AFRICA: ESTUDIOS DE CIENTIFICOS SOVIETICOS; 8.AMERICA LATINA: ESTUDIOS DE CIENTIFICOS SOVIETICOS; 9. PROBLEMAS FILOSOFICOS Y SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNICA; 10. DERECHO: INVESTIGACIONES DE CIENTIFICOS SOVIETICOS; 11. INVESTIGACIONES ETNOGRAFICAS SOVIETICAS; 12. ESTUDIOS SOVIETICOS SOBRE LA RELIGION.

Las series están a cargo de los Consejos de redacción encabezados por directores de institutos de la AC de la URSS y destacados científicos, especialistas en la ciencia de la sociedad.

Entre los lectores figuran científicos, personalidades sociales y políticas, profesores, posgraduados y estudiantes, activistas de movimientos democráticos y de liberación nacional, de organizaciones sindicales, juveniles y femeninas.

La Redacción envía el Catálogo de sus publicaciones a los lectores que lo solicitan y una o dos recopilaciones (de las que dispone la Redacción), a los suscriptores permanentes de la revista *Ciencias Sociales.*

Nuestras ediciones se distribuyen en más de 120 países del mundo a través de las firmas que tienen relaciones comerciales con V/O *Mezhdunaródnaia Kniga:*

113095, Moscú,,URSS

Niestra dirección: "Ciencias Sociales Contemporaneas":

ARBAT 33/12, MOSCU, 121002, URSS

En 1985 aparecerán en español
las siguientes publicaciones:

Serie PROBLEMAS DEL MUNDO CONTEMPORANEO
Redactor responsable: J.Griguléwich, miembro correspondiente de la AC de la URSS

1. *Historia de la ciencia: investigaciones soviéticas* (en 2 tomos)
   Se analiza la historia de la ciencia, relacionada con la filosofía y metodología. Se publican también trabajos sobre la historia de ramas científicas por separado y sobre conceptos clave en la ciencia contemporánea.

Serie HISTORIA DE LA URSS: NUEVOS ESTUDIOS
Redactor responsable: Prof. S.Jrómov, doctor en Ciencias Históricas

1. *La sociedad soviética: problemas socioeconómicos*
   Los autores de la recopilación -destacados filósofos, economistas, historiadores y sociólogos soviéticos- exponen las cuestiones relacionadas con la política social y económica del PCUS, orientada a elevar constantemente el nivel material y cultural de vida del pueblo y a crear mejores condiciones para el desarrollo armonioso del individuo. Se da noción acerca del rumbo consecuente del partido con miras a alzar la eficacia de la producción y conjugar orgánicamente los adelantos de la revolución científico-técnica con las ventajas del sistema socialista de economía. Los autores revelan a fondo la estrategia creadora del PCUS en el perfeccionamiento del socialismo desarrollado.
2. *La Gran Guerra Patria del pueblo soviético y la contemporaneidad*
   Se muestra el aporte decisivo hecho por la Unión Soviética a la derrota de Alemania fascista y Japón militarista, así como el significado de la victoria histórico-mundial sobre el fascismo para los destinos de la humanidad. Estas cuestiones se dilucidan en ligazón orgánica con la lucha actual que libran por la paz la URSS, otros países de la comunidad socialista y todas las fuerzas pro paz,

contra la política militarista del imperialismo y contra la amenaza de una guerra termonuclear que éste aviva.

3. *Misión liberadora de la Unión Soviética en la Segunda Guerra Mundial*
Se expone el papel desempeñado por el pueblo soviético y sus Fuerzas Armadas en la lucha por liberar su Patria, salvar la civilización mundial, emancipar muchos países de Europa y Asia y restablecer su independencia y soberanía nacional.

Serie PAISES EN DESARROLLO: PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS
Redactor responsable: G.Kim, miembro correspondiente de la AC de la URSS

1. *Colaboración de la URSS con los países en desarollo*

Se dedica a la cooperación de los países en desarrollo con la Unión Soviética y otros países de la comunidad socialista en política, economía, ciencia y cultura.

Serie AMERICA LATINA: ESTUDIOS DE CIENTIFICOS SOVIETICOS
Redactor responsable: J.Grigulévich, miembro correspondiente de la AC de la URSS

1. *Cuba: 25 años de construcción del socialismo*

Científicos soviéticos analizan la experiencia de las transformaciones socialistas en Cuba, la etapa actual de industrialización, el perfeccionamiento del sistema de dirección de la economía, la formación de la base material y técnica de la economía nacional.

2. *América Latina: petróleo y política*
Lucha de los pueblos latinoamericanos por su derecho a disponer de sus recursos nacionales, contra los monopolios petroleros estadounidenses.

3. *Procesos étnicos en los países de América del Sur*
Se publican nuevos estudios de etnógrafos soviéticos dedicados a la historia étnica de los pueblos de América Española (al sur del istmo de Panamá), Brasil y la región de Guyana.

Serie DERECHO: INVESTIGACIONES DE CIENTIFICOS SOVIETICOS

Redactor responsable: V.Kudriávtsev, miembro efectivo de la AC de la URSS

1. *Derechos del individuo en la sociedad socialista*
   Esta obra trata, como su título indica, de los derechos y libertades del individuo, que son elementos inalienables de la democracia socialista del sistema estatal y el orden jurídico soviéticos.

2. *El Cosmos y el Derecho*
   En la recopilación se publican las investigaciones en teoría del Derecho Espacial Internacional.

Serie INVESTIGACIONES ETNOGRAFICAS SOVIETICAS

Redactor responsable: Yu.Bromléi, miembro efectivo de la AC de la URSS

1. *S.Bruk. Procesos etnodemográficos. La población del mundo en el umbral del siglo XXI*
   La recopilación contiene las principales características demográficas del mundo en general, de continentes y países por separado y también analiza las estructuras étnica, lingüística, racial y religiosa de la población del mundo.

Serie ESTUDIOS SOVIETICOS SOBRE LA RELIGION

Redactor responsable: J.Griguléyich, miembro correspondiente de la AC de la URSS

1. *Cristo: ¿el mito o la realidad?*
   El autor, I.Kriveliov, doctor en Ciençias Filosóficas, basándose en la doctrina marxista-leninista, examina distintas variantes de la historicidad o lo mítico de Cristo a la luz de los materiales y fuentes científicos existentes.

2. *La religión en la URSS: verdad e invenciones.*
   Los autores de la recopilación explican las garantías y la libertad de practicar cultos religiosos y hacer propaganda ateísta en la URSS, el derecho de cada ciudadano refrendado en la Constitución soviética a profesar cualquier religión o no profesar ninguna.

PUBLICACIONES PERIODICAS DE LA REDACCION "CIENCIAS SOCIALES CONTEMPORANEAS"

La Redacción "Ciencias Sociales Contemporáneas", de la AC de la URSS, edita en Moscú publicaciones periódicas que dan a conocer a la opinión científica y pública mundial las últimas investigaciones de los científicos soviéticos.

La redacción publica:

1. Revista *Obshéstvennie naúki* (aparece 6 veces al año en ruso).

Los temas principales de la revista son: el XXVII Congreso del PCUS y la nueva redacción del Programa del Partido; la lucha de los pueblos por el mantenimiento de la paz en la Tierra; el perfeccionamiento del socialismo desarrollado; el desarrollo del sistema socialista mundial y la cooperación de los países fraternales.

Informa sobre la experiencia colectiva de los países de la comunidad socialista en la solución de las tareas socioeconómicas actuales. Dedica especial atención a los temas integrales: perfeccionamiento de la gestión de la economía nacional; aceleración del progreso científico-técnico; formación del individuo armoniosamente desarrollado. Entre los temas más importantes figura la denuncia de la política y la ideología del imperialismo.

La especificidad de la revista es indagar en todos los aspectos los problemas teórico-metodológicos que están en la "tangencia" de las ciencias y son de interés para muchos especialistas. Estos temas se tratan en las rúbricas: "Metodología de la ciencia de la sociedad", "Investigaciones sistémicas", "Investigaciones interdisciplinarias", "Procesos integrativos en la ciencia". La revista interioriza al lector con la experiencia en la elevación de la eficacia de la ciencia y su creciente aporte a la edificación socialista; con la cooperación cada vez más estrecha entre los estudiosos de la sociedad y quienes se dedican a la labor práctica.

2. Revista trimestral en lenguas extranjeras: *Ciencias Sociales*, *Social Sciences*, *Gesellschaftswissenstchaften*, *Ciencias Sociais*, *Sciences Sociales* (se diferencia por el contenido de la revista en ruso).

La revista ilustra la participación de la Academia de Ciencias de la URSS y de otros centros científicos en la realización del Programa de Paz soviético, orientado a prevenir la guerra nuclear, al cese de la carrera armamentista, a fortalecer la seguridad de los pueblos; da a conocer al lector la cooperación en este terreno de los estudiosos soviéticos de la sociedad y sus colegas extranjeros.

La revista centra la atención en el análisis de diferentes aspectos del perfeccionamiento del socialismo desarrollado: sociopolítico, socioeconómico, científico-técnico y cultural del desenvolvimiento del país. La política interna y exterior del PCUS y el Estado soviético se expone a la luz de las intervenciones de los dirigentes del partido y el Estado, tomando por base los materiales de los congresos del partido y las sesiones del Soviet Supremo de la URSS.

La revista es de carácter polidisciplinario y presenta las investigaciones científicas en filosofía y politología, economía e historia, derecho y psicología, sociología y estudios literarios, como también en otras ramas del saber. Las siguientes rubricas tradicionales testimonian la diversidad de temática: "Países en desarrollo: nuevas investigaciones", "Estudios críticos y comentarios", "El hombre y la naturaleza", "Discusiones", "La juventud y la sociedad".

La correspondencia que recibe la revista prueba que sus lectores permanentes, aparte de los científicos, profesores y estudiantes, son también estadistas y figuras sociales, representantes de distintos sectores intelectuales. Teniendo en cuenta sus intereses, se insertan resúmenes y reseñas de las publicaciones científicas aparecidas en la URSS.

La suscripción a la revista se admite desde cualquier fecha y por cualquier plazo:

en la URSS — a través de correos, oficinas de *Soyuzpechat* y por intermedio de los distribuidores sociales de la prensa en los lugares de trabajo o estudio;

en otros países — en las firmas que distribuyen las publicaciones periódicas soviéticas y tienen relaciones comerciales con *V/O Mezhdunaródnaia Kniga*

Dirección:
113095, Moscú, URSS

La Redacción quedará agradecida por todas las opiniones, consejos y sugerencias sobre los materiales que se publican.

Nuestra dirección:
Arbat 33/12, Moscú, 121002, URSS

ИСТОРИЯ НАУКИ: СОВЕТСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
Том II
Сборник статей на испанском языке
Серия "Проблемы современного мира", №104
Цена 95 коп.



La recopilación, en dos tomos, ha sido preparada por científicos del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS) para el XVII Congreso Internacional de Historia de la Ciencia (EE.UU., agosto de 1985) y contiene nuevas investigaciones soviéticas en esta rama del saber.

El presente tomo está dedicado a las cuestiones metodológicas de la investigación científico-histórica. El libro da a conocer al lector los trabajos de científicos soviéticos sobre historia de las importantísimas disciplinas científicas y concepciones clave de la ciencia actual, un amplio diapasón de problemas de historia de la ciencia y la técnica, la investigación integral de su desarrollo. Se publican artículos dedicados al desarrollo de las distintas ramas de matemática, mecánica, física, ciencias sobre la tierra, biología, química y otras ciencias, como también historia de las actuales ramas de la técnica.



Editorial
Naúka